

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

научный и общественно-политический журнал

том 85 № 7 2015 июль

Основан в 1931 г.
Выходит 12 раз в год
ISSN: 0869-5873

*Журнал издаётся под руководством
Президиума РАН*

Главный редактор
В.Е. Фортов

Редакционная коллегия

Ж.И. Алфёров, А.Ф. Андреев, В.Н. Большаков, А.А. Боярчук,
В.И. Васильев, Г.С. Голицын, А.И. Григорьев,
И.И. Дедов, А.П. Деревянко, Ю.М. Каган, А.И. Коновалов,
В.В. Костюк (заместитель главного редактора),
Н.П. Лавёров, Г.А. Месяц, Ю.В. Наточин,
А.Д. Некипелов, О.М. Нефёдов, В.И. Осипов, Р.В. Петров,
В.В. Пирожков (ответственный секретарь), Г.А. Романенко,
Д.В. Рундквист, Ф.Г. Рутберг, А.С. Спирин, В.С. Стёпин,
Л.Д. Фаддеев, Т.Я. Хабриева, Е.П. Челышев, А.О. Чубарьян,
В.Л. Янин

Заместитель главного редактора
Г.А. Заикина

Заведующая редакцией
В.В. Володарская

Адрес редакции: 119049 Москва, Крымский вал, Мароновский пер., 26
Тел.: 8(499) 238-21-44, 8(499) 238-21-23; тел.: 8(499) 238-25-10
E-mail: vestnik@naukaran.ru

Подписка на “Вестник РАН” по Москве
через Интернет WWW.GAZETY.ru

Москва
Издательство “Наука”

СОДЕРЖАНИЕ

Том 85, номер 7, 2015

Наука и общество

Н.Н. Клюев

Природно-ресурсная сфера России и тенденции её изменения 579

А.В. Пустошный, К.Е. Сазонов

Задачи судостроительной науки на современном этапе освоения Арктики 593

Организация исследовательской деятельности

В.В. Кондаков, В.А. Курнаев

О новых правилах присуждения учёных степеней 598

Из рабочей тетради исследователя

В.Г. Трифонов, С.Ю. Соколов

На пути к постплейт-тектонике 605

Обозрение

Д.И. Кондратов

Проблемы мирового нефтяного рынка 616

Дискуссионная трибуна

Н.А. Мазов, В.Н. Гуреев

Публикации любой ценой? 627

Точка зрения

С.Л. Шварцев

Основное противоречие, определившее механизмы и направленность глобальной эволюции 632

Этюды об учёных

Р.А. Сюняев, С.А. Гребенев

“Эффекты” Зельдовича, запечатлённые на нашем небе. К 100-летию со дня рождения академика Я.Б. Зельдовича 643

Былое

В.С. Соболев

Двенадцатый президент Академии наук. К 100-летию со дня смерти великого князя Константина Константиновича Романова 657

Научная жизнь

Ю.М. Коршунов

Российско-германское научное мероприятие в Берлине 662

Официальный отдел

Юбилей. — Награды и премии 664

Большие золотые медали имени М.В. Ломоносова Российской академии наук 2014 года 667

О присуждении медалей Российской академии наук с премиями для молодых учёных РАН, других учреждений, организаций России и для студентов высших учебных заведений России по итогам конкурса 2014 года (представление Комиссии РАН по работе с молодёжью) 669

CONTENTS

Vol. 85, No. 7, 2015

Simultaneous English language translation of the journal is available from Pleiades Publishing, Ltd.
Distributed worldwide by Springer. *Herald of the Russian Academy of Sciences* ISSN 1019-3316

Science and Society

N.N. Klyuev

Natural Resource Sphere of Russia and Trends of it's Changing 579

A.V. Pustoshny, K.E. Sazonov

The Tasks of Shipbuilding Science at the Present Stage of Arctic Exploration 593

Organization of Research

V.V. Kondakov, V.A. Kurnaev

About New Rules for the Awarding of Academic Degrees 598

From the Researcher's Notebook

V.G. Trifonov, S.Yu. Sokolov

On the Way to Postplate Tectonics 605

Review

D.I. Kondratov

Problems of the World Oil Market 616

Discussion Forum

N.A. Mazov, V.N. Gureev

Publications of any Price? 627

Point of View

S.L. Shvartsev

The Basic Contradiction that Defined the Mechanisms and Direction
of the Global Evolution 632

Profiles

R.A. Sunyaev, S.A. Grebenev

Zeldovich "Effects", Imprinted on our Sky. *To the 100th Anniversary of the Birth
of Academician Ya.B. Zeldovich* 643

Bygone Times

V.S. Sobolev

The 12th President of the Academy of Sciences. *To the 100-year Anniversary of the Death
of Grand Duke Konstantin Konstantinovich Romanov* 657

Science News

Yu.M. Korshunov

Russian-German Scientific Event in Berlin 662

Official Section

Anniversaries. Awards and Prizes 664

The 2014 Lomonosov's Great Gold Medals of the Russian Academy of Sciences 667

On Awarding of Medals of the Russian Academy of Sciences with Prizes for the Young Scientists
of the RAS, Other Agencies, Organizations of Russia and for Students of Higher Educational
Institutions of Russia on Results of Competition 2014 669

DOI: 10.7868/S0869587315050035

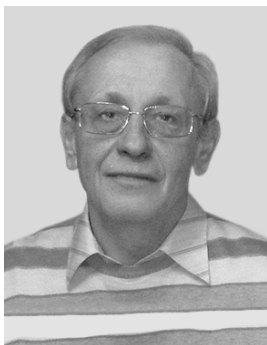
Автор представленной статьи даёт краткую геоэкологическую характеристику природно-ресурсного комплекса России. За постсоветские годы возросла роль хозяйственных отраслей, базирующихся на минеральных ресурсах. Растут дисбалансы в системе “добыча—переработка—внутреннее потребление—экспорт” минерального сырья. Использование возобновимых природных ресурсов всё более стягивается в компактные ареалы вблизи “центральных мест” и главных транспортных магистралей. Актуальные изменения природно-ресурсной сферы не соответствуют критериям устойчивого развития, утверждает в статье.

ПРИРОДНО-РЕСУРСНАЯ СФЕРА РОССИИ И ТЕНДЕНЦИИ ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ

Н.Н. Ключев

Природные ресурсы, которыми издавна славилась российская территория, и ныне обеспечивают выживание и даже развитие России (правда, весьма неустойчивое развитие) в условиях перманентного кризиса последних десятилетий. Вклад экспорта только минерального сырья в валютную выручку страны составляет 65–70% (в СССР в 1980-е годы — 40–54% [1]) и как минимум половину доходов федерального бюджета.

Высокая востребованность на мировом рынке российских природных ресурсов обуславливают место России как ресурсообеспечивающей зоны планеты, стратегическую значимость природно-ресурсного комплекса в хозяйстве страны, приоритетность в российской научной сфере наук о Земле, включая географию и геоэкологию. (Эта приоритетность, однако, реально не проявляется, в частности, в реестре Федерального агентства научных организаций даже нет наук о Земле — они отнесены к техническим (!) наукам.)



КЛЮЕВ Николай Николаевич — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН. kkc-17@yandex.ru

ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ И ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Россия — одна из немногих в мире самодостаточных в природно-ресурсном отношении стран, что создаёт все предпосылки для её устойчивого развития. На огромной территории сосредоточены минеральные ресурсы мирового значения (табл. 1, составлена по [2, 3]), более половины чернозёмных почв мира, почти четверть мировых лесов, 10% речного стока. Более 25% мировых запасов пресной воды находится в “колодце планеты” — озере Байкал. Поскольку воду из Великих озёр или, например, Балатона пить уже нельзя, на Байкал приходится значительно больше четверти чистой питьевой воды мира.

В.М. Симчера [4], сопоставляя величины природного капитала и национального богатства России, отмечает, что в мире нет другой такой страны, где разрыв между стоимостью природных ресурсов и стоимостью накопленного имущества был бы столь велик. То есть в России ещё очень много не вовлечённых в хозяйственный оборот ресурсов, которые не воплощены пока в то или иное “имущество”.

К числу важнейших ресурсов России относится её территория. Самоценность территории признаётся вне зависимости от её “наполненности” полезными ископаемыми, лесом и другим природным сырьём. Плохих, непродуктивных мест на Земле нет, есть лишь неверно используемые. Например, бедный минеральными ресурсами район может иметь ценное биологическое разнообразие, рекреационные ресурсы, уголки первозданной природы, чистую воду, воздух, быть эффективной транзитной территорией, геополитическим буфером, наконец, пространственным резервом бу-

Таблица 1. Положение России в мировом минерально-сырьевом комплексе, % от мировых значений, начало 2000-х годов

Минеральные ресурсы	Запасы	Добыча	Минеральные ресурсы	Запасы	Добыча
Нефть	9.7	14.2	Никель	11.8	24.5
Газ	30.4	19.8	Золото	8.0	5.0
Уголь	15.6	4.5	Серебро	10.0	2.3
Уран	5.5	7.0	Платина	12.5	15.9
Железо	28.0	8.0	Палладий	31.4	44.3
Медь	3.5	4.9	Алмазы	30.0	24.0

дущего. Территория — это важнейший элемент нашего историко-культурного и природного наследия, а также поле для экономического, политического, военного и экологического манёвра.

Поскольку понятие экономической стратегии было чуждо всем постсоветским правительствам, их маловразумительная региональная политика привела к усилению региональной асимметрии, гипертрофии двух столиц и некоторых других “полюсов роста” с оголением огромных территорий, к запустению и даже одичанию периферии.

К сожалению, в отечественной географической литературе до сих пор встречается нигилистическое отношение к территории. «Она объявляется лишней, признаются положительными процессы, “оголяющие” территории, разрушающие с огромным трудом созданную на ней инфраструктуру, ставящие в катастрофическое положение миллионы людей, которые вынуждены покидать обжитые края» [5, с. 927].

Рациональная региональная политика в местах, представляющих сегодня неперспективными, должна поддерживать достойный уровень жизни человека, иначе неизбежно их дальнейшее запустение, массовый исход населения, деградация человеческого потенциала с потерей огромного ресурса развития — “тысяч моцартов”. Брошенные места, одичавшие ландшафты — это также провокация для геополитических конкурентов, а повторное вовлечение этих земель в хозяйственный оборот потребует затрат, сопоставимых с затратами на первоначальное освоение территории. Бережное отношение к территории учитывает отдалённые перспективы, заботу о потомках и экологические факторы. (Бизнес преследует ближнюю цель — обогащение. Политики также больше озабочены современной конъюнктурой. В религиозной сфере рационализм дальней цели — идея спасения — существует уже тысячелетия.)

Если большая территория и обилие других природных ресурсов способствуют устойчивому развитию России, то неблагоприятное *физико-, экономико- и эколого-географическое положение* затрудняет его. Огромная северная территория,

обделённая выходами к открытым и незамерзающим морям, требует много энергетических затрат на преодоление холода и расстояний. Однако грамотной территориальной политикой можно ослабить “бремя пространства и бремя природы” и улучшить экономико-географическое положение. Так, кратчайший путь из Европы в стремительно растущий Китай и другие страны Восточной Азии лежит через нашу страну. Ещё более 100 лет назад, когда строили Транссиб, морские судовладельцы из Англии и США опасались грозного конкурента в лице российских железных дорог, однако до сих пор наши железные дороги (скорость на которых в 5 раз ниже, чем в США) проигрывают морскому транспорту. Между тем современные технологии и методы организации перевозок позволяют сделать их скоростными и надёжными. Наблюдаемое ныне уменьшение ледовитости арктических морей открывает благоприятные перспективы круглогодичной навигации по Северному морскому пути. Перенос главной транспортной магистрали Евразии на нашу территорию значительно улучшит российское экономико-географическое положение.

Наша страна располагает мощной электроэнергетической и нефтегазовой системами — густой сетью линий электропередачи, магистральных газопроводов (свыше 170 тыс. км), нефте- и продуктопроводов (свыше 70 тыс. км). В будущем на этой основе может быть создана единая интегральная евразийская инфраструктура, объединяющая транспортные, телекоммуникационные и энергетические сети, центром которой станет Россия. Это позволит получать доходы от транзита, даст возможность влиять на ход глобальных процессов.

Наряду с колоссальными природными ресурсами Россия обладает *пространственно-экологическим потенциалом* планетарного значения, под которым понимаются природные механизмы самоочистки среды от загрязнений, синтеза и деградации органических веществ, поддержания глобального круговорота воды. Эти механизмы обеспечивают чистоту воздуха, воды, биоразнообразия, важность которых в системе жизненных

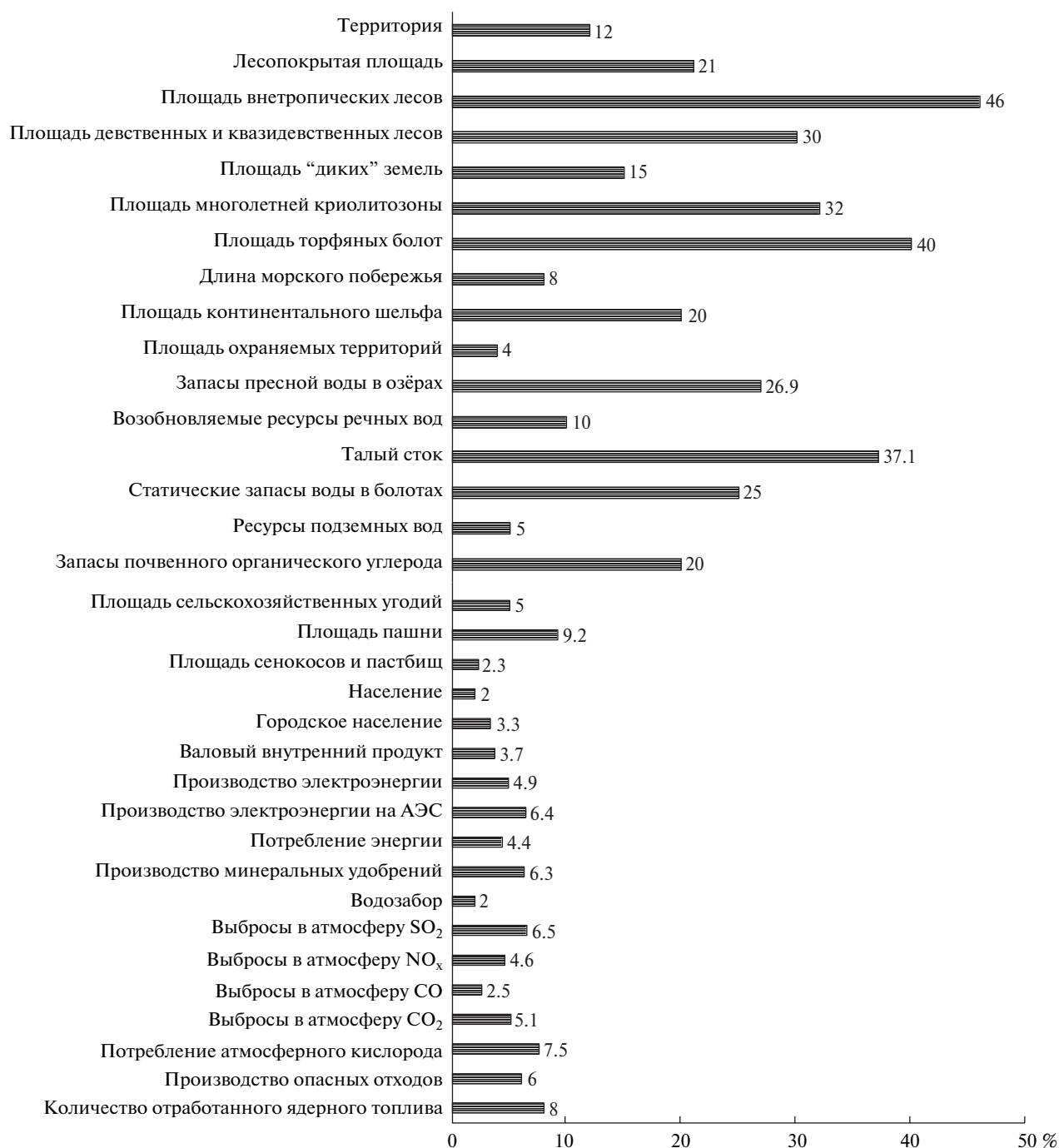


Рис. 1. Экологически значимые характеристики России (% от мировых значений), 2000-е годы

ценностей общества постоянно возрастает. Экологические характеристики России отражены на рисунке 1.

Планетарно-экологическое значение имеют леса (занимающие 45% территории страны), переувлажнённые земли и болота (22%), которые регенерируют атмосферный кислород и выступают в роли геохимических барьеров для загрязнителей, крупнейший на Земле массив практически

неосвоенных, “диких” земель (почти 2/3 территории). Около 60% годового речного стока в стране составляет талый сток — самая ценная часть водных ресурсов мира, поскольку криосфера Земли выступает в роли её эффективной “химчистки”. Российская территория — район компенсации глобальных загрязнений и нарушений природы, экологический “донор” многих национальных экосистем.

Таблица 2. Коэффициент извлечения нефти в СССР (России) и США

Страна/год	1960	1990	2000
СССР (Россия)	0.51	0.39	0.28 (2001)
США	0.29 (1965)	0.35	0.41

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОЙ СФЕРЫ

Несмотря на масштабную разведку месторождений полезных ископаемых в советские годы (по средствам, выделявшимся на эти цели, программу разведки советских недр можно сравнить с ядерной и космической), геологическая изученность территории страны, отвечающая современным требованиям, не превышает 40% [6]. Степень разведанности недр сильно различается по территории — от 50–60% на Урале до 1–8% в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и на шельфах прилегающих морей (кроме Сахалина) [7]. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, средняя изученность российского шельфа составляет 0.24 м погонного на 1 км², что в 8 раз меньше изученности американского шельфа Чукотского моря и в 16 раз — норвежского шельфа Северного моря.

В постсоветские годы темпы опустошения российских недр опережают прирост их запасов. Е.А. Козловский [8] отмечает, что минерально-сырьевая база большинства полезных ископаемых за последние 15 лет сократилась, несмотря на уменьшение объёмов добычи: олова — на 90%, вольфрама — на 80%, свинца — на 60%. Общие масштабы глубокого разведочного бурения в стране уменьшились с 5299 тыс. м в 1990 г. до 1252 тыс. м в 2011 г. (рассчитано по данным [9]). Темпы отработки месторождений опережают темпы геолого-разведочных работ; 70% таких работ в стране проводят иностранные нефтесервисные компании, что создаёт угрозу национальной безопасности. В условиях обострения международных отношений особо уязвимыми оказываются проекты по освоению шельфа и трудноизвлекаемых нефтегазовых запасов, так как почти все работы в их рамках ведутся зарубежными компаниями или в сотрудничестве с ними.

В пореформенной России не только земные недра, но и другие природные компоненты и комплексы обделены вниманием исследователей. По данным Росреестра, затраты на картографическую службу в стране составляют 7 долл. на км² в год (в США — 116, Франции — 281, Великобритании — 615, Швейцарии — 1439). За 1990-е годы была полностью утрачена метеорологическая и природно-ресурсная спутниковые группировки, они начали восстанавливаться лишь в 2009 г. Количество гидрологических постов уменьшилось с 4481 в 1986 г. до 3084 в 2006 г., а пунктов наблюде-

ния за загрязнением поверхностных вод суши — с 3295 до 1815 соответственно [10, с. 112, 178]. На 30% сократилось количество пунктов наблюдения за морской средой. На Крайнем Севере, в Сибири и на Дальнем Востоке доля сокращённых пунктов наблюдений за природной средой гораздо больше. Совершенно недостаточен уровень лесоустроительных работ. По данным А.С. Исаева, сегодня только 19% лесов страны информационно актуализировано. Свыше 95% данных мониторинга лесных и других наземных экосистем получено (в том числе куплено) с зарубежных спутников [11]. Практически развалена почвенная служба страны [12]. Очень редко проводятся геоботанические обследования земель.

Нельзя признать удачным внедрение с 2005 г. в природно-ресурсную сферу Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД), отвечающего, по мнению Росстата, международным стандартам. В ОКВЭД по уровню классификационной значимости “геолого-разведочные, геофизические и геохимические работы в области изучения недр” стоят в одном ряду с “разведением лягушек и дождевых червей”. Очевидно, что в этой “инновационной” классификационной схеме место природных ресурсов не отражает их реального значения в хозяйстве нашей страны. А.Д. Думнов и Д.А. Борискин [13] справедливо подвергают сомнению целесообразность ломки отечественных учёто-статистических реалий и их подгонку под иностранные схемы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Отличительной географической особенностью российского природно-ресурсного комплекса было и остаётся почти полное территориальное несовпадение мест размещения населения и ресурсов (исключение — почвенно-климатические ресурсы). На Сибирь и Дальний Восток, где проживает 20% населения, приходится 70% природно-ресурсного потенциала, без учёта сельскохозяйственных ресурсов [14]. Это обстоятельство определяет главные проблемы освоения природных ресурсов страны: дорогостоящую добычу в условиях “ледяных изотерм”, отсутствие дорог, инфраструктуры и рабочей силы, а также дороговизну транспортировки добываемого сырья до потребителей. Все эти трудности с течением времени только усугубляются.

Истощение крупных месторождений, ухудшение качественной структуры запасов актуализируют давнюю проблему добывающей индустрии — потери полезных компонентов при добыче. Коэффициент извлечения нефти в России снижается и сейчас составляет 0.35 [15], то есть 65% нефти остаётся в недрах и стоимость её добычи многократно возрастает либо она вообще безвозвратно теряется. В 1980-х годах СССР занимал лидирую-

шие позиции в области создания новых методов увеличения нефтеотдачи. Из таблицы 2 (составлена по [16]) видно, что США медленно, но неуклонно наращивали коэффициент извлечения нефти, а в нашей стране он снижался.

В постсоветское время политика нефтяных компаний направлена на выборочное извлечение наиболее продуктивных запасов, что ведёт к значительной их потере. В России практически прекратились исследования в области эффективных технологий нефтедобычи, свёрнуто производство соответствующего оборудования.

Не ослабевает, а, напротив, обостряется проблема комплексного использования минерального сырья и утилизации отходов. Например, в России на нефтяных промыслах ежегодно сжигается от 20 до 50 млрд. м³ попутных нефтяных газов — ценного химического сырья [17]. В результате выбросы твёрдых загрязняющих веществ в атмосферу факельными установками достигают 12% от всех выбросов этих веществ в стране.

После существенного спада 1990-х годов добыча невозобновимых минеральных ресурсов в России к 2010-м годам практически достигла советского уровня (рис. 2), а по некоторым позициям превысила его. Исключение составляет добыча нерудных стройматериалов, сократившаяся за 1990–2010 гг. в 2 раза. Причина этого — сильное сокращение промышленного, транспортного и жилищного строительства, так как промышленность стройматериалов работает на внутренний рынок. В противоположность этому добыча топливно-энергетических ресурсов, руд чёрных и

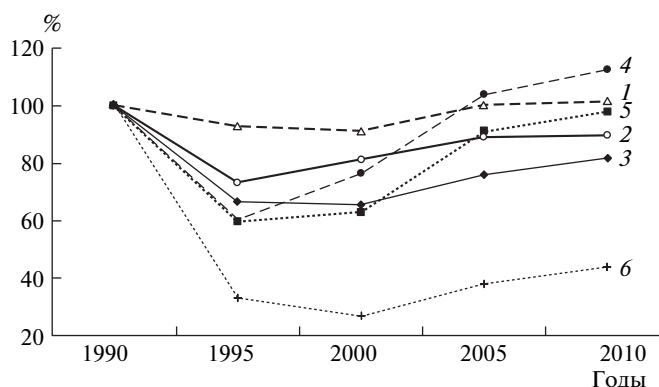


Рис. 2. Динамика добычи минеральных ресурсов в России за 1990–2010 гг. (1990 г. = 100%)

1 — газ; 2 — железная руда; 3 — уголь; 4 — минеральные удобрения; 5 — нефть; 6 — нерудные стройматериалы

цветных металлов, химического сырья в значительной степени ориентирована на экспорт, что и определяет положение России в качестве сырьевой кладовой мира.

Следует, однако, отметить, что из-за обвально-го падения добычи в 1990-е годы наша страна сократила свою долю в мировой добыче. Если в 1990 г. у нас добывалось 17.1% мировой нефти, то в 2012 г. — 12.8%, а по добыче газа снижение ещё больше — с 31 до 19.5% (рассчитано по [3, 18]).

За годы реставрации капитализма в России существенно усилилась экспортная ориентация добывающей индустрии (табл. 3, 4). Минеральное сырьё на мировом рынке стоит недорого. Эффек-

Таблица 3. Добыча и экспорт нефти, газа, угля и железной руды в России

Добывающая индустрия	Минеральные ресурсы, год			
	1993	2000	2005	2011
Нефть, млн. т				
Добыча	354	324	470	512
Экспорт	80	145	253	244
Доля экспорта в добыче, %	22.6	44.7	53.8	47.7
Газ природный, млрд. м ³				
Добыча	618	584	641	671
Экспорт	96	194	207	187
Доля экспорта в добыче, %	15.5	33.2	32.3	27.9
Уголь, млн. т				
Добыча	306	258	299	335
Экспорт	20	44	80	111
Доля экспорта в добыче, %	6.5	17.1	26.8	33.1
Железная руда, млн. т				
Добыча	76	87	95	104
Экспорт	10	19	18	28
Доля экспорта в добыче, %	13.2	21.8	18.9	26.9

Составлено по [9, 19].

Таблица 4. Производство и экспорт минеральных удобрений в России, млн. т

Год	1990	2002	2008	2011
Производство	16.0	13.6	16.3	18.8
Экспорт	4.9	12.2	14.1	17.5
Доля экспорта в добыче, %	30.6	89.7	86.5	93.1

Составлено по [9, 20].

тивность внешней торговли возрастает по мере переработки добытых ресурсов, а Россия экспортирует сырьё большей частью в исходном состоянии. Кроме того, экономически выгодно вывозить излишки — то, что не требуется национальному хозяйству. В то же время вывозимые из России, например, минеральные удобрения, отнюдь не лишние для неё. Их применение на 1 га российской пашни в сельскохозяйственных предприятиях сократилось с 88 кг в 1990 г. до 39 кг в 2011 г. (в 1999 г. оно опускалось до 15 кг). Это предопределяет не только будущие низкие урожаи, но и деградацию почв.

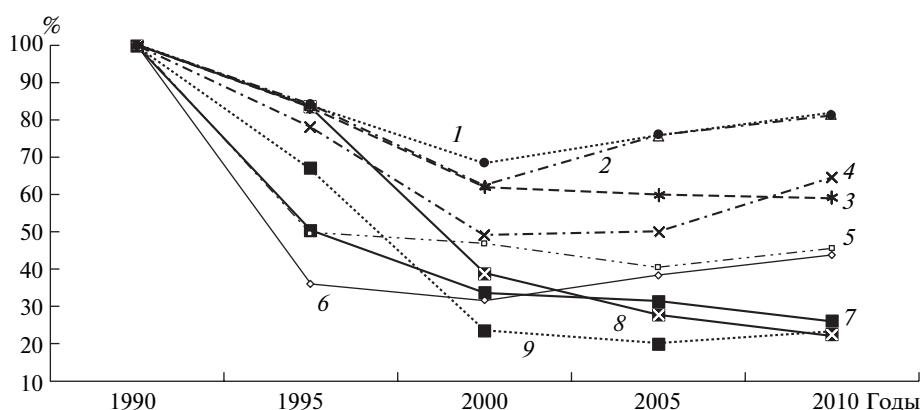
В процессе вывоза природных ресурсов из страны, по сути, экспортируется и ассимиляционный потенциал природных ландшафтов — их способность противостоять хозяйственным воздействиям. Низкий уровень платежей отечественных экспортёров за энергию, землю, минеральное сырьё, загрязнение окружающей среды означает присвоение и беспощадный вывоз экологического ресурса страны.

Россия — крупнейший в мире экспортёр природного газа, а уровень газификации, например, Сахалинской области (газодобывающего региона) составляет 9%, в сельской местности этот показатель намного ниже. За рубеж вывозится подавляющее большинство (до 90%) производимых в стране алюминия, меди, никеля, цинка при

сильном падении внутреннего потребления продукции цветной металлургии, которая облагораживает экономику, делает её структуру более прогрессивной. СССР потреблял свыше 10% мирового алюминия, современная Россия — в 10 раз меньше, потребление меди снизилось в 8 раз, никеля — в 12 раз [21]. В СССР производилось 8 тыс. т редкоземельных элементов в год, в современной России — 2–3 тыс. т. Между тем редкоземельные металлы используются в солнечной энергетике, оптоэлектронике, лазерной промышленности, производстве ЭВМ, то есть в отраслях-катализаторах научно-технического прогресса, в том числе в экологической сфере.

На фоне усиливающейся эксплуатации российских недр отрасли хозяйства, базирующиеся на возобновимых ресурсах, за постсоветский период сильно сократили производство (рис. 3). Уместно вспомнить, что устойчивое развитие подразумевает постепенную замену невозобновимых природных ресурсов возобновимыми. Понятно, что эта задача не решается в одночасье. Трудно, однако, рассчитывать на её решение, если двигаться в противоположном направлении.

Ежегодно запасы торфа в России увеличиваются на 260–280 млн. т, а добывается лишь 1% прироста [22]. Вовлечение в эксплуатацию торфяных ресурсов актуально, учитывая, в частности, уровень неосвоенности российской территории, 70% которой не охвачено централизованным электроснабжением. Поэтому в России очень перспективно создание автономных источников энергии на местных топливных энергоресурсах. При всей важности развития ветровой, солнечной, приливной, геотермальной энергетики, малых ГЭС возобновляемая энергетика России должна строиться прежде всего на практически неисчерпаемых запасах биомассы, в частности, торфяной.

**Рис. 3.** Динамика производства в России продукции на основе возобновимых ресурсов за 1990–2010 гг. (1990 г. = 100%)

Данные о продукции сельского хозяйства — средние за пятилетие: 1990 г. — средние за 1986–1990 гг.; 1995 г. — 1991–1995 гг.; 2000 г. — 1996–2000 гг.; 2005 г. — 2001–2005 гг.; 2010 г. — 2006–2010 гг.

1 — яйца; 2 — зерно; 3 — молоко; 4 — скот и птица; 5 — рыба; 6 — древесина деловая; 7 — дрова; 8 — торф; 9 — шерсть

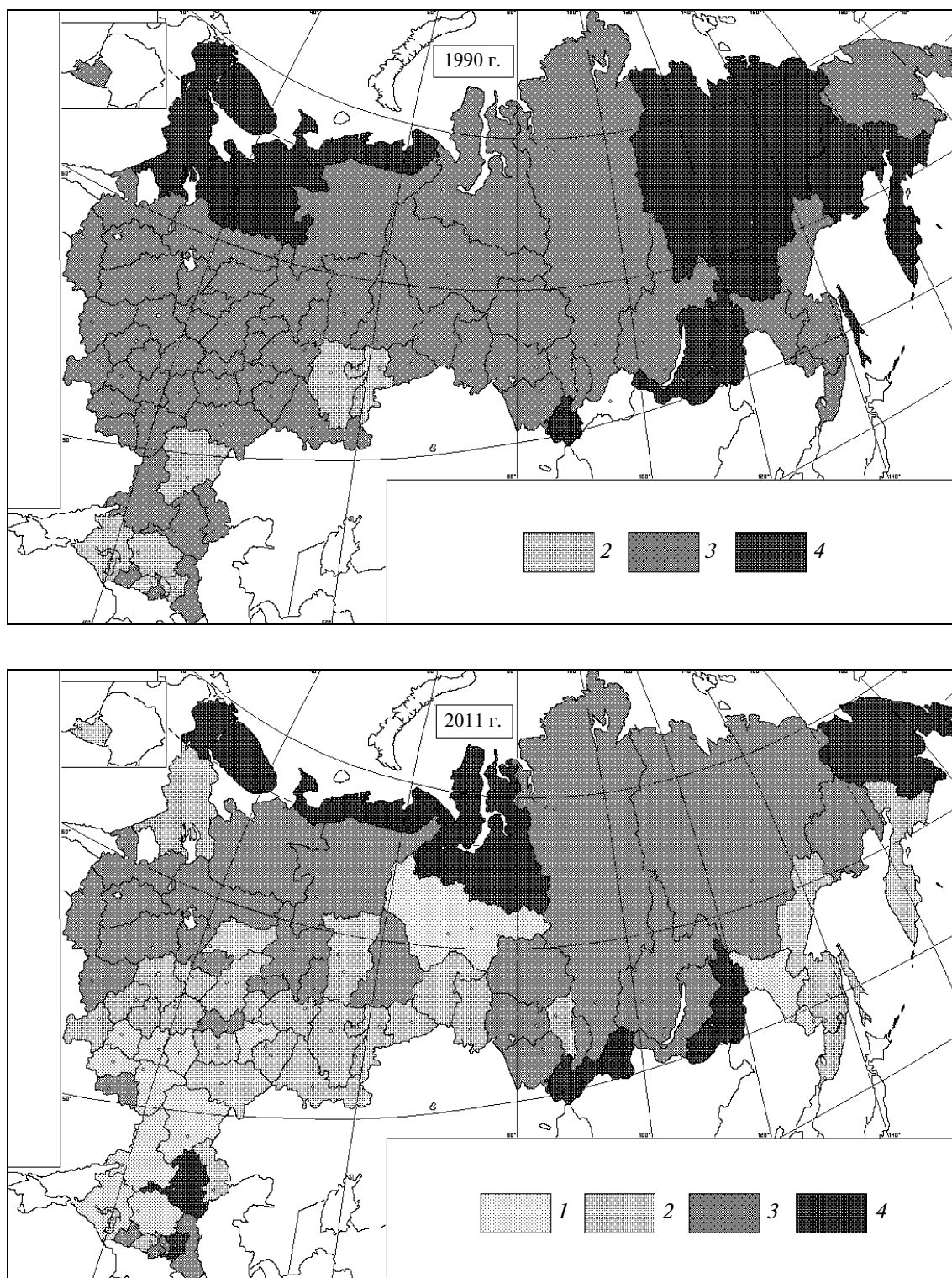


Рис. 4. Доля животноводства в продукции сельского хозяйства регионов России в 1990 г. (вверху) и 2011 г. (внизу), %
 1 – 22–35; 2 – 36–49; 3 – 50–74; 4 – 75–90
 Продукция сельского хозяйства рассчитывалась в ценах 1990 г.

Таблица 5. Импорт Россией продовольственных товаров

Продукция	Количество, тыс. т					Стоимость, млн. долл.				
	1993	2000	2005	2011	Изменение за 1993–2011 гг., раз	1993	2000	2005	2011	Изменение за 1993–2011 гг., раз
Мясо свежее и мороженое (без мяса птицы)	85.1	517	1340	1429	16	116	591	1956	5284	45
Мясо птицы свежее и мороженое	73.9	694	1329	493	6	72.9	376	865	750	10
Рыба свежая и мороженая	43.5	327	787	710	16	10.9	125	817	1891	173
Молоко и сливки сгущённые	14.6	76.6	146	179	12	37.5	63.9	247	499	13
Масло сливочное и прочие молочные жиры	70.1	70.8	133	135	2	95.3	98.3	245	601	6

Составлено по [9, 19].

Крупнейшая лесная держава за годы перестройки и реформ в 2 раза сократила лесозаготовки. Правда, за этот период в больших объёмах стала заготавливаться нелегальная древесина. Её объёмы, по разным оценкам, составляют от 15 до 100% сверх легальной заготовки, но даже с учётом браконьерского рынка древесины расчётная лесосека сильно недоиспользуется.

Сельское хозяйство, базирующееся на возобновимых ресурсах (при их рациональном использовании), развивается в России очень своеобразно и, к сожалению, неэкологично. За 1990–2012 гг. посевные площади сельскохозяйственных культур сократились на 41 млн. га, то есть на треть всех посевных площадей 1990 г. Это в целом экологически позитивный процесс, особенно в степных и лесостепных районах страны, но его стихийное течение снижает потенциальную экономическую и природоохранную эффективность.

Во-первых, вывод из оборота сельскохозяйственных площадей происходит на периферии регионов и сопровождается интенсификацией землепользования в городах, пригородах и сёлах, как раз там, где нагрузки и ранее были повышены. Во-вторых, выводимые из сельскохозяйственного оборота земли могут и должны выполнять другие социально-экономические и экологические функции — естественных кормовых угодий, рекреационные, охраняемых территорий. Пока же неиспользуемые агроценозы покрываются зарослями сорной растительности и выступают рассадниками вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. В-третьих, выбывание земель из оборота должно сопровождаться повышением эффективности использования и улучшением экологического состояния сохраняющихся агроценозов, чего отнюдь не наблюдается. Из-за отсутствия средств не выполняются мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв — агротехнические, агрохимические,

мелиоративные, фитосанитарные, противоэрозионные.

Масштабное запустение сельскохозяйственных земель, утрачивающих хозяйственную ценность и эстетическую привлекательность, наряду с депопуляцией сельской местности представляет реальную угрозу для формировавшихся столетиями сельских культурных ландшафтов России, являющихся её национальным достоянием.

Уменьшение нагрузки на природу произошло и в связи с сильным уменьшением поголовья сельскохозяйственных животных. По поголовью свиней нынешняя Россия (2012 г.) соответствует уровню 1957 г. Современное поголовье крупного рогатого скота составляет лишь 60% от поголовья 1916 г., а овец и коз 100 лет назад в России было вдвое больше. Произошло изменение аграрного профиля регионов, а именно — сдвиг в сторону растениеводства. В 1980-е годы оно преобладало лишь в нескольких юго-западных регионах, а ныне доминирует уже на большей части территории страны — от сухих степей до тундры (рис. 4).

Соотношение растениеводства и животноводства, помимо хозяйственного, имеет и важное экологическое значение. Оно определяет тип и интенсивность аграрных нагрузок на природу, пропорции между видами сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосы, пастбища) и тем самым — облик современных сельских ландшафтов.

Вследствие обвального сокращения отечественного животноводства резко возрос импорт продовольствия (табл. 5). Складывается своеобразная продовольственно-производственная цепочка, экономически и экологически невыгодная нашей стране: экспорт Россией минеральных удобрений (простых питательных веществ), производство за рубежом мяса и молока (сложных питательных веществ), ввоз их в Россию. Формирование такой цепочки вряд ли можно считать

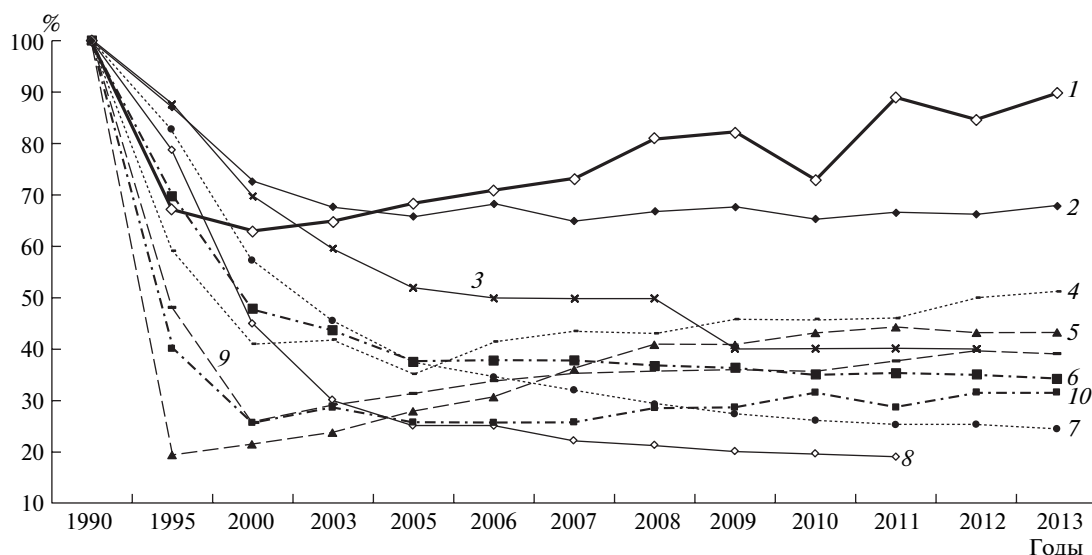


Рис. 5. Индексы показателей сельского хозяйства России (1990 г. = 100%), %

1 – продукция сельского хозяйства; 2 – посевная площадь; 3 – тракторы на 1 га пашни; 4 – свиньи; 5 – минеральные удобрения на 1 га; 6 – крупный рогатый скот; 7 – энергетические мощности; 8 – потребление электроэнергии; 9 – овцы и козы; 10 – органические удобрения на 1 га

рациональным включением в международное разделение труда.

Нынешняя продовольственная зависимость не просто унижительна для великой в прошлом сельскохозяйственной державы, это реальная угроза национальной безопасности. Немаловажно и то, что качество отечественного продовольствия зачастую пока ещё лучше зарубежного по показателям санитарной и экологической безопасности.

Некоторые особо благоприятные для земледелия регионы получили возможность экспортировать зерновые культуры (экспорт Россией зерна увеличился с 15 тыс. т в 1993 г. до 18.3 млн. т в 2011 г.) и семена подсолнечника, увеличив посевные площади этих культур. Между тем монокультура, особенно такой «почворазрушающей» культуры, как подсолнечник, – это подвид «биологического оружия». Она ведёт к истощению почв, развитию в посевах специфических вредителей и болезней. К примеру, в Ростовской области почти половина посевных площадей в фермерских хозяйствах занята подсолнечником при допустимой норме 15%.

Активизация экспорта продукции растениеводства на фоне обвального падения животноводства свидетельствует о закреплении сырьевой специализации страны, выпускающей продукцию с невысокой долей добавленной стоимости.

Серьёзную угрозу для агроландшафтов представляет резкое снижение использования удобрений. Применение органических удобрений за 1990–2011 гг. сократилось с 3.5 до 1.0 т/га. Из-за обвального уменьшения поголовья скота их про-

сто некому производить. Малое количество скота нарушает гармонию между животноводством, производящим отходы, и земледелием, потребляющим их. К началу 1990-х годов на российских пахотных почвах был создан запас питательных веществ, но ныне баланс безнадежно отрицательный. По России в целом компенсация выноса питательных веществ из почвы с урожаем внесением удобрений составила: азота – 15%, фосфора – 15%, калия – 5% [23]. Прогрессирующая деградация почв связана и с резким уменьшением объёмов известкования кислых почв (сокращение за 1990–2010 гг. в 23.5 раза), их гипсования (в 1590 раз), культуртехнических работ на сельхозугодьях.

Современное земледелие базируется на управляемом двустороннем (дренаж плюс ирригация) регулировании гидрологического, термического и других почвенных режимов. В США такими системами охвачено 60% земель, в Германии – 50%, а в России – лишь 5% [12, с. 50]. В постсоветской России мелиорируемые площади сокращаются, системы разрушаются, на ранее мелиорированных площадях развиваются деградационные явления – пожары на осушенных торфяных почвах, вторичное заболачивание, засоление. В итоге продуктивные угодья теряют свою хозяйственную ценность, а оставшиеся в обороте земли эксплуатируются в условиях стихийного, нерегулируемого режима почв. Это один из признаков примитивизации отечественного сельского хозяйства. Другим её свидетельством является кардинальное перераспределение производства между хозяйствами разных категорий. Если в 1990 г. в приусадебных хозяйствах производилось 26.6% сельхозпродукции, то в 2011 г. – 43.8% (а в 1998 г.

Таблица 6. 20 регионов, лидирующих по промышленным инвестициям в основной капитал, 1996–2011 гг., %

Регион	Средняя доля за 1996–2011 гг.	Регион	Средняя доля за 1996–2011 гг.
Ханты-Мансийский АО	13.09	Челябинская область	2.43
Ямало-Ненецкий АО	9.80	Самарская область	2.42
Москва	3.60	Санкт-Петербург	2.35
Московская область	3.49	Пермский край	2.34
Республика Татарстан	3.37	Ленинградская область	2.12
Красноярский край	3.13	Республика Саха (Якутия)	1.74
Свердловская область	3.04	Нижегородская область	1.68
Кемеровская область	2.75	Оренбургская область	1.64
Сахалинская область	2.60	Краснодарский край	1.63
Республика Башкортостан	2.53	Республика Коми	1.55

Рассчитано по [24, 25].

даже 58.9%). Полевые исследования показали, что крестьянское землепользование в личных подсобных хозяйствах не столь экологично, как это может показаться на первый взгляд: в структуре их посевных площадей 2/3 составляют посевы картофеля, что препятствует ведению экологически рационального севооборота; нарушаются технологии применения удобрений и пестицидов, что ухудшает фитосанитарное состояние агроэкосистем.

В пореформенный период личные подсобные хозяйства обеспечили выживание значительной части населения страны. Однако, будучи максимально эффективными с точки зрения *выживания*, крестьянские подворья неперспективны с позиций сельскохозяйственного *развития*. В этих хозяйствах господствуют примитивные технологии растениеводства и животноводства, тяжёлый физический труд, большей частью они мелко-товарные или совсем не товарные.

Сельскохозяйственное производство сокращается намного меньше, чем используемые ресурсы овеществлённого труда. Если индекс продукции сельского хозяйства за 1990–2011 гг. составлял 89.8%, то индекс посевных площадей – 67.8%, количества тракторов на 1 га пашни – 40%, а индекс энергетических мощностей в сельском хозяйстве – 24.4% (рис. 5). На единицу продукции расходуется всё меньше ресурсов – это псевдоинтенсификация отечественного аграрного сектора. Прирост производства в пореформенном сельском хозяйстве достигается не за счёт повышения технического уровня (применения производительных машин, удобрений, новых технологий и т.п.), а за счёт усиления эксплуатации земельных ресурсов, “проедания” почвенного плодородия, а также ужесточения эксплуатации труда, прежде всего труда доиндустриальной эпохи – мускульной силы человека в личных подсобных хозяйствах, ставших ныне основными кормильцами страны.

ТЕНДЕНЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Отличительная черта современного периода – преимущественное сжатие российского ресурсного пространства, концентрация природопользования в “центральных местах” и хозяйственное запустение периферии.

Об этом говорит распределение по районам страны промышленных инвестиций, которые являются по сути будущими антропогенными нагрузками (табл. 6). Налицо концентрация природопользования на относительно хорошо (по российским меркам) освоенных территориях, где нагрузки на природу и ранее были велики. За Уралом по уровню концентрации инвестиций заметно выделяются лишь автономные округа Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий. Коэффициент корреляции между долей регионов в инвестициях и их долей в промышленной продукции страны составляет +0.71.

Тенденции концентрации природопользования проявляются на разных территориальных уровнях и в разных отраслях природопользования – в добывающей, лесной, рыбной промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в строительстве.

Происходит концентрация добывающей индустрии, а следовательно, и связанных с ней крупных изменений природных компонентов и комплексов в ограниченном числе регионов. Если на первые пять регионов в 1990 г. приходилось 37.2% добычи*, то в 2005 г. – уже 54.3%, а доля первой десятки за этот период выросла с 52.5 до 66.5% соответственно. Этот процесс концентрации добы-

*Под “добычей” здесь понимаются рассчитанные нами объёмы извлечения из земных недр природных веществ – минеральных ресурсов вместе с вскрышными, вмещающими породами, попутным газом и т.п.

вающей индустрии, обусловленный экономическими соображениями, с экологической точки зрения оценивается негативно.

Если в 1990 г. на Москву, Московскую область, Санкт-Петербург и Ленинградскую область приходилось 10% жилищного строительства России, то в 2004 г. — треть, в 2011 г. — почти четверть. В пределах Московской области — нынешнего лидера по строительству — 55% строящегося жилья сосредоточено в 10-километровой зоне вокруг МКАД. Такого рода концентрацию населения экологически можно трактовать как “мёртво-му — мёртво”.

Важнейшая причина и одновременно индикатор опустошения северных и восточных районов страны — сокращение в них численности населения. За 1990–2011 гг. оно составило, к примеру, в Мурманской области 34%, в Магаданской области — 60%, на Чукотке — почти 70%.

В основных районах лесодобычи темпы снижения заготовок древесины выше, чем в прочих районах страны. Дальние лесосеки забрасываются, лесозаготовки концентрируются вблизи транспортных магистралей. В лесодефицитных районах, где леса сильно нарушены, наблюдается рост рубок. В горных районах, особенно на Северном Кавказе, идёт интенсивная вырубка средне- и низкогорных лесов и кустарников на дрова, вследствие этого увеличилось площади селевых очагов. Столь же выборочно осваиваются недревесные ресурсы леса.

За годы перестроек и реформ морского рыболовства Россия потеряла до 50% районов промыслов в Мировом океане. При общем сокращении уловов они увеличиваются в исключительно экономической зоне [26].

Современные перевозки грузов по Северному морскому пути составляют лишь 25% от уровня середины 1980-х годов [27], а поставки пиломатериалов из Игарки в Западную Европу — лишь 7% от объёма 1987 г. В упадке находятся отечественная речная навигация и местная авиация. В настоящее время Москва занимает около 75% рынка авиаперевозок (в СССР — не более 25%).

В то же время в 2000-е годы усиливается очаговое вовлечение в хозяйственный оборот экспортных природных ресурсов в районах нового освоения, главным образом на севере и востоке страны. Среди крупных проектов по освоению недр в постсоветской России отметим добычу нефти и газа на Ванкорском нефтегазовом, Юрубчено-Тохомском нефтегазоконденсатном (Красноярский край), Талаканском нефтяном (Якутия) месторождениях, на шельфе Охотского, Каспийского, Балтийского и Баренцева морей, продвижение газодобычи в Ямало-Ненецком автономном округе на север, подготовку к освоению бокситов Тима-на и др.

Очаговое освоение ресурсов становится всё более деконцентрированным. Сейчас уже нет таких новых гигантских месторождений, как Самотлорское, Уренгойское, Медвежье. Если в начале 1970-х годов средняя величина запасов открываемых месторождений нефти в Западной Сибири составляла 77 млн. т (в РСФСР — 30 млн. т), то сейчас — 1 млн. т [15]. Налицо признаки поздней стадии жизненного цикла в главном “валютном цехе” страны — западносибирской нефтегазоносной провинции. На единицу добываемых ресурсов приходится всё больше внутри- и межпромысловых трубопроводов. Это увеличивает экологические риски, ибо именно из таких трубопроводов разливается не менее 1% добываемой нефти.

На фоне существенного сокращения транспортной работы (за постсоветский период в 2–3 раза), снизившего вредное воздействие транспорта на придорожные ландшафты на территориях между населёнными пунктами, наблюдается трубопроводно-портовый бум, вызывающий перемещение транспортных экологических угроз к морским акваториям и их приближение к российским границам. Здесь можно выделить: газопроводы “Голубой поток”, “Северный поток”, “Ямал–Европа”; проекты газопроводов “Турецкий поток”, “Сила Сибири”; Сахалинские трубопроводы; нефтепровод Восточная Сибирь — Тихий океан; балтийскую трубопроводную систему Кириши–Приморск; Приморский нефтеперевалочный порт, нефтяные терминалы Витино (Мурманская обл.), Приводио (Архангельская обл.) и др. Экспортно-сырьевая модель российского хозяйства закрепляется в новых инвестициях.

“Вся история России связана с освоением огромной суши... Это её функция, или, если хотите, миссия” [28, с. 38]. Поэтому освоение новых минеральных богатств следует основной “магистральной” развития страны, но с важной оговоркой. Ключевой инновацией современного мира стал экологический императив. Уникальное разнообразие российских ландшафтов должно быть бережно освоено при тщательном учёте пространственно-временных особенностей их устойчивости к техногенезу. Освоение — это отнюдь не экспансия горнодобывающих производств, оставляющих после себя техногенную пустыню. Экологичное освоение предполагает обустройство территории, организацию на ней туристических и рекреационных зон, территорий разного уровня охраны, органического сельского хозяйства, прогрессивных средств транспорта и связи, традиционных промыслов малых народов и т.п.

Пока, к сожалению, принципы устойчивого развития не вошли в практику отечественного природопользования. На первый взгляд, новые добывающие предприятия должны отличаться высокой степенью экологичности. Однако это

далеко не всегда так. Новые районы добычи нефти в Ханты-Мансийском автономном округе не охвачены сетью предприятий по утилизации попутного нефтяного газа. На вновь вводимых нефтепромыслах степень использования газа очень мала. Только на старых, хорошо обустроенных промыслах она может составлять 60–90%.

На северо-восточном шельфе Сахалина, где районы нефтегазодобычи совпадают с районами рыбного промысла и местами нагула охотско-корейской популяции серого кита (экологически ценного вида), в море сбрасываются загрязняющие буровые растворы. Ныне в этих районах уже не кормятся серые киты, наблюдаются значительные заморы восточно-сахалинской сельди [29].

Российские нефтегазовые месторождения арктического шельфа следует рассматривать как ресурс будущих поколений. Их фронтальная разработка в ближайшие 10–20 лет нецелесообразна в силу ряда причин, в том числе связанных с трансформацией климата. Его изменения проявляются, в частности, в учащении экстремальных опасных явлений, чреватых авариями с экологическими последствиями. Суровые, но стабильные природные условия требуют больших затрат, зато не сопряжены с малопредсказуемыми последствиями. Вместе с тем в геополитических целях требуется “эффективное присутствие” на территории — инфраструктурное обустройство навигации в арктических районах, интенсификация информационного этапа их освоения (геологоразведки, мониторинга и т.п.), а колоссальные капиталовложения, требуемые для новых шельфовых проектов, целесообразно направить на повышение уровня извлечения нефтегазовых ресурсов на уже разрабатываемых месторождениях.

Сжатие освоенного пространства, вторичное экономическое опустынивание территории — это вроде бы очевидный плюс с экологической точки зрения, но нельзя не учитывать, что огромные, далеко ещё не освоенные природные ресурсы России, включая её территорию, вряд ли останутся вне поля зрения других стран в условиях острого дефицита ресурсов в мире. Поэтому проблема “белых пятен” на экономической карте страны требует тщательной проработки и с общих социально-экономических, и с геополитических позиций.

Важнейшей с геополитической точки зрения и экологически щадящей формой освоения территории выступает её научное изучение. На мировом рынке XXI в. уже разворачивается интеллектуальная битва между знанием и незнанием, включая, разумеется, и знания о Земле. Отсюда их стратегическое значение для социально-экономического развития страны.

* * *

Природно-ресурсная и природно-экологическая самодостаточность России благоприятствует её устойчивому развитию. Общепланетарную роль российской территории как главной “очистой установки” планеты нужно использовать для упрочения российских позиций в международных отношениях, тем более что вес экологических факторов в глобальной политике неуклонно возрастает.

Неблагоприятные особенности географического положения нашей страны затрудняют её фронтальное включение в международное разделение труда. Научно обоснованной территориальной политикой можно и нужно усилить достоинства местоположения России и сгладить его недостатки. Этому может способствовать организация на российской территории и акватории железнодорожных и морских супермагистралей “из англичан в японцы” и центрального звена единой интегральной инфраструктуры Евразии.

Природные условия России не фатально чреватые её отставанием от экономического авангарда планеты. Этот географический оптимизм связан с целенаправленным поиском перспективных отраслей специализации, с которыми Россия могла бы успешно выйти на мировой рынок, с разработкой собственных технологий, своих методов территориальной организации хозяйства.

За годы перестроек, кризисов и реформ обострилась проблема информационного обеспечения природно-ресурсного комплекса страны. Разработка минеральных богатств до сих пор в основном базируется на запасах, разведанных ещё советскими геологами, что грозит скорым сырьевым кризисом. Резко сократились программы мониторинга природной среды. Наведение порядка в “бухгалтерском” учёте природных ценностей — важная задача государственного управления, в её решение географы могут и должны внести немалый вклад. Стратегическое значение для устойчивого развития страны имеют знания, получаемые науками о Земле. Уровень их поддержки может служить индикатором соответствия государственной политики российским национальным интересам. Необходимо интенсифицировать научное изучение российской территории — самую экологичную и геополитически необходимую форму её освоения.

В постсоветские годы в российской экономике усиливается роль природно-ресурсного комплекса, а в его составе возрастает значение отраслей, базирующихся на минеральных ресурсах. При этом увеличиваются разрывы между добычей минерального сырья и его переработкой, между добычей и внутренним потреблением. Увеличивается экспортная ориентация природно-ресурсной сферы. Такая динамика не соответствует задачам ин-

новационного, информационного, экологически ориентированного развития страны.

Главным лозунгом внешнеэкономической стратегии России должно быть снижение до минимума поставок любого сырья за границу. Богатства российских недр — мощный рычаг, который нужно использовать, но не для латания дыр в хозяйстве, а для коренного обновления технической базы, внедрения ресурсосберегающих и природоохранных технологий, отвечающих инновационным задачам и современным экологическим вызовам.

В условиях систематического уклонения российского государства от выполнения социальных функций бедное население России выживает за счёт чрезмерной эксплуатации биологических ресурсов — почвенного плодородия, браконьерства, незаконных рубок леса, самозаготовок дров, самозахвата земель и т.п. На другом социальном полюсе богатое меньшинство российского общества процветает во многом за счёт эксплуатации ресурсов литосферы, тоже чрезмерной, подчас хищнической. В целом же значение природно-географических факторов в жизни общества усиливается.

В экспортно ориентированном минерально-сырьевом комплексе наблюдается расширение ресурсного пространства — очаговое вовлечение в эксплуатацию новых ресурсов Восточной Сибири, Дальнего Востока, Севера и шельфовых областей. В противовес этому использование возобновимых ресурсов (биологических, лесных, почвенных, агроклиматических, водных), а также нерудных стройматериалов, потребляемых внутри страны, всё более стягивается в компактные ареалы вблизи центральных мест и главных транспортных магистралей, ориентируется на использование “лучших земель”.

Некомпенсируемое внесением удобрений земледелие, “проедание” почвенного плодородия сопровождаются концентрацией сельского хозяйства на лучших землях, выводом из хозяйственного оборота менее продуктивных земель. Истощительное использование лучших земель чревато быстрым их превращением в “бедленды”, в дальнейшем неизбежно перемещение сельского хозяйства на менее плодородные земли, их последующая деградация и т.д.

Принципиально важно предпринять усилия по реанимации отраслей, базирующихся на возобновляемых ресурсах и очень сильно пострадавших в ходе кризиса и реформ: сельского, лесного, водного, рыбного хозяйства и др. Помимо экономического и экологического эффекта их восстановление и развитие даст и геополитический результат. Именно эти хозяйственные отрасли в первую очередь “обустраивают” территорию страны.

В усиливающемся внимании внешнего мира к “несправедливой” диспропорции между огромной малоосвоенной российской территорией, богатой природными ресурсами, и относительно скудным населением заключена реальная угроза национальной безопасности России. Вследствие этого фокус внимания должен быть направлен на рациональное использование пространства и формирование эколого-хозяйственной стратегии, отвечающей вызовам современности.

В настоящее время на высшем управленческом уровне провозглашён лозунг модернизации России. При этом ряд экспертов видят опережающее развитие нашей страны, прежде всего, на основе нового технологического уклада — биотехнологий, нанотехнологий, солнечной энергетики и т.д. Однако сугубо инновационное развитие носит точечный характер, и по мере становления “локомотивов роста” будут усугубляться разительные контрасты между этими островами экономики знания и экономикой выживания на огромной территории обездоленной, деградирующей периферии. В условиях пореформенной России нет механизмов поддержки периферии, а упомянутые “локомотивы” преимущественно воспроизводят рост в пределах собственной городской черты. Точечное развитие — реальная угроза дезинтеграции страны. Нам нужны не только новые наукограды, но и новая инфраструктура, которая и в советский период не отличалась развитостью, а в постсоветское время чрезвычайно износилась.

Надо признать, что Россия ещё надолго останется сырьевой державой из-за невозможности немедленного и кардинального обновления производственного потенциала и сокращения доли сырьевого сектора в экономике страны. Поэтому необходимо заниматься именно технологиями сырьевого сектора, природопользования, переработки минерального сырья и вообще природных ресурсов, природосберегающими технологиями и техникой, а также (и не в последнюю очередь) рационализацией территориальной организации природопользования. Отсюда, в частности, вытекает приоритет наук о Земле, в том числе географии и геоэкологии.

Исследование выполнено при поддержке Программы Президиума РАН № 31.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбатов А.А. Циклы нефтяной зависимости // Россия в глобальной политике. 2005. № 2. http://www.globalaffairs.ru/number/n_4831
2. Кузык Б.Н. Россия и мир в XXI веке. М.: ИЭС, 2006.

3. Россия и страны мира. 2012 г. / Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_39/Main.htm
4. Симчера В.М. В безопасности ли экономика современной России? // Безопасность России. Экономическая безопасность: вопросы реализации государственной стратегии. М.: Знание, 1998.
5. Kotlyakov V.M., Tishkov A.A. At the Cradle of Russian Academic Geography // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2011. № 5; Котляков В.М., Тишков А.А. У истоков отечественной академической географии // Вестник РАН. 2011. № 10.
6. Думнов А.Д., Борискин Д.А. Некоторые проблемы статистики минерально-сырьевой базы и геологоразведочных работ в современной России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2010. № 2.
7. Север как объект комплексных региональных исследований. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005.
8. Козловский Е.А. Дальний Восток: геополитическая ситуация, минерально-сырьевой потенциал и поиск решений // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2007. № 2.
9. Российский статистический ежегодник – 2012 г. / Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_13/Main.htm
10. Водные ресурсы России и их использование. СПб.: ГГИ, 2008.
11. Субботин А. Чужими глазами // Поиск. 2014. 2 мая.
12. Добровольский Г.В., Зайдельман Ф.Р. Объект мелиорации: почва или земля? // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2004. № 3.
13. Думнов А.Д., Борискин Д.А. Некоторые итоги внедрения Общероссийского классификатора видов экономической деятельности для природно-ресурсного комплекса России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2007. № 5.
14. Приваловская Г.А., Рунова Т.Г. Территориальная организация промышленности и природные ресурсы СССР. М.: Наука, 1980.
15. Нефть и газ. Приложение к газете “Коммерсантъ”. 2012. № 161.
16. Laverov N.P. Fuel and Power Resources // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2006. № 3; Лавёров Н.П. Топливо-энергетические ресурсы // Вестник РАН. 2006. № 5.
17. Aldoshin S.M. Achievements and Innovation Prospects of Chemical Science // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. № 3; Алдошин С.М. Достижения и инновационные перспективы химической науки // Вестник РАН. 2012. № 6.
18. <http://www.gazprominfo.ru>
19. Российский статистический ежегодник. 1994. М.: Госкомстат России, 1994.
20. Долгинова В.А. Российский рынок минеральных удобрений и средств защиты растений // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009. № 4.
21. Кашин В.И. Природные ресурсы как часть национальных богатств России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009. № 5.
22. Bessmertnykh A.V., Zaichenko V.M. Development of Distributed Power Generation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. № 5; Бессмертных А.В., Зайченко В.М. Развитие распределённой энергетики // Вестник РАН. 2012. № 9.
23. Изменения окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. М.: ИГЕМ РАН, 2007.
24. Регионы России. Социально-экономические показатели / Федеральная служба государственной статистики, 2005.
25. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011 г. / Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_14p/Main.htm
26. Айбулатов Н.А., Андреева Е.Н., Вылегжанин А.Н., Михайличенко Ю.Г. Природопользование в прибрежной зоне морей России // Известия РАН. Серия географическая. 2005. № 4.
27. Пространственные и временные тенденции социально-экономических процессов на российском Севере. М.: Сыктывкар, 2012.
28. Сысоева Н.М. Процессы хозяйственного освоения Сибири и современные проблемы территориального развития // География и природные ресурсы. 2007. № 3.
29. Бакланов П.Я., Качур А.Н. Экологические угрозы и эколого-географические ограничения природопользования на Дальнем Востоке // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. 3. М.: ИФЗ РАН, 2008.

DOI: 10.7868/S0869587315070051

Авторы анализируют проблемы, возникшие перед судостроительной наукой на современном этапе освоения Арктики. Обеспечение добычи и транспортировки полезных ископаемых в Арктике и прибрежных шельфовых районах, развитие коммерчески привлекательного арктического транзита крупнотоннажных судов предполагают новые, ориентированные на ледовые условия технические решения, а также пересмотр многих традиционных подходов и нормативов в области создания ледовой техники. Решение этих задач возможно только при сотрудничестве представителей прикладной и фундаментальной науки.

ЗАДАЧИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ НАУКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

А.В. Пустошный, К.Е. Сазонов

В высказанных на Научной сессии Общего собрания РАН (декабрь 2014 г.) прогнозах глобального потепления и его влияния на Арктику вектор колебался от сохранения тенденций потепления до некоторого периода стабильности. Можно упомянуть и неоднократно звучавшее на международных конференциях по судостроению мнение специалистов Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) о предстоящем похолодании вследствие циклического 60-летнего снижения солнечной активности. Тем не менее даже при таком разбросе мнений тезис о глобальном потеплении климата формирует устойчивые ожидания приближающейся полной доступности арктических

морей для судоходства. На последних международных конференциях по арктическому судостроению наряду с традиционными арктическими странами всё большую активность проявляют такие крупные неарктические судостроительные державы, как Китай, Южная Корея, Германия, причём Китай настойчиво добивается законодательного закрепления возможности своей хозяйственной деятельности в Арктике.

Как следует из доклада И.И. Мохова [1], даже при самом кошмарном сценарии потепления, которое повлечёт существенное изменение многих сторон жизни, период свободной навигации в Арктике к 2050 г. увеличится с 50 до 120–150 дней. Всё остальное время работа по-прежнему будет проходить в ледовых условиях.

Складывается парадоксальная ситуация: чем более доступной кажется Арктика, чем существеннее в летние месяцы будет сокращаться площадь её ледового покрова, тем большее внимание должно уделяться созданию различных объектов морской техники, предназначенной для безопасной эксплуатации в ледовых условиях. Кажущийся парадокс объясняется тем, что в случае глобального потепления речь идёт о качественном переходе от абсолютной невозможности коммерческой деятельности в Арктике к деятельности, хотя и сопряжённой с определёнными трудностями и рисками, но потенциально успешной и позволяющей решать целый ряд принципиальных задач развития мировой экономики, связанных с арктическими ресурсами.

Переход к коммерческой эксплуатации техники в Арктике уже приводит к её изменению. Мониторинг портфеля заказов судостроительной промышленности мира показывает постоянно



Авторы работают в Крыловском государственном научном центре. ПУСТОШНЫЙ Александр Владимирович — член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник. САЗОНОВ Кирилл Евгеньевич — доктор технических наук, начальник лаборатории морской ледотехники.

pustoshny@fromru.com; kirsaz@rambler.ru

увеличивающийся спрос на суда ледового плавания и офшорные сооружения с ледовыми усилениями [2]. Большинство заказов составляют крупнотоннажные суда ледового плавания (танкеры, газовозы) длиной более 250 м и шириной корпуса более 40 м, а также специализированные ледоколы-снабженцы для обслуживания ледостойких платформ.

Несмотря на достаточный опыт строительства на отечественных заводах судов, обладающих максимальными возможностями для работы в ледовых условиях, — атомных ледоколов, проектное и научное обеспечение современной ледовой техники требует существенной адаптации к произошедшему на рубеже тысячелетий коренному изменению структуры арктической морской техники, появлению новых типов судов ледового плавания, а также ледостойких морских инженерных сооружений, предназначенных в первую очередь для разведки и добычи углеводородов на шельфе замерзающих морей. Ни в одном направлении прикладной науки в связи с началом коммерческого освоения Арктики не возникло так много новых задач, как в судостроительной сфере. Наиболее серьёзные изменения коснулись ледового транспортного флота — танкеров и газовозов. Чтобы достичь экономической эффективности, в арктических транспортных системах следует использовать крупнотоннажные суда водоизмещением 60 тыс. т и более. Это означает выход в Арктику судов, размеры которых намного превышают все ранее существовавшие для этого региона. Помимо роста габаритов, дополнительные сложности связаны с необходимостью ограничения осадки судов для мелководного арктического шельфа.

В недалёком прошлом все арктические суда имели весьма ограниченные размеры. Например, в СССР Северное морское пароходство, осуществлявшее Северный завоз, комплектовалось только судами водоизмещением около 5000 т. Нормы Российского регистра морского судоходства и требования к тактическим приёмам выполнения ледовых операций формировались на базе эксплуатации ледоколов и относительно небольших судов. Имеющиеся нормативные и руководящие документы недостаточно адекватно отражают современную ситуацию, предполагающую эксплуатацию крупнотоннажных судов. При применении нормативов ледовых усиления, созданных на базе малых и средних судов, корпуса и движители крупнотоннажных судов могут оказаться переупрочнёнными и переутяжёлёнными, что снижает их эффективность в решении коммерческих транспортных задач. Можно поставить, например, гипотетическую задачу создания супертанкера для круглогодичной навигации в тяжёлых льдах. Однако в этом случае необходимый вес усиленного корпуса и сверхмощной

энергетической установки приведёт к весьма ощутимым потерям грузовместимости, а ледовые обводы корпуса и упрочнение движителей повлекут за собой значительное ухудшение экономических показателей при движении на участках свободной ото льда воды. Поэтому, например, транзитная перевозка по высокоширотным арктическим трассам может оказаться не дешевле, чем по вдвое более далёкому маршруту из Европы в Азию через Суэцкий канал. Сейчас подобная экономическая задача решается судовладельцами при подаче заявок на арктический транзит, объём которого в 2014 г. составил 150 судов. Судовладелец атомных ледоколов, обеспечивающих арктические проводки, компания “Атомфлот” сообщает, что ряд судов, проведённых Северным морским путём, вообще не имел ледовых усиления и это обеспечило судовладельцам максимальный экономический эффект. Необоснованное ужесточение требований к средствам арктического транзита, которое диктовало бы безусловное применение судов высоких и средних ледовых классов в условиях не более чем полугодовой навигации, когда 2 раза в год судовладельцы должны переориентировать логистические схемы, может сделать транзит коммерчески непривлекательным. С другой стороны, никто, и прежде всего арктические страны, не заинтересован в возникновении аварийных ситуаций на Северном морском пути из-за непригодности судов к ледовой навигации. Эта дилемма предполагает поиск компромиссов.

Таким образом, научная поддержка разработки нормативов и правил проектирования и постройки ледовых судов становится одной из важнейших задач, от решения которой зависит успех коммерческой деятельности в Арктике.

Выход в Арктику крупнотоннажных судов породил ряд проблем, связанных как с ледокольной проводкой, так и с их самостоятельной работой во льдах. Ширина судов (более 40 м) намного превышает ширину любого из существующих ныне ледоколов (максимальная ширина самых больших атомных ледоколов типа “Арктика” составляет всего 28 м). При движении во льдах современные ледоколы прокладывают канал, ширина которого не более 30–32 м. Для крупнотоннажных судов такой канал является узким: двигаясь по нему, они вынуждены доламывать кромку льда своим корпусом. Форма их корпуса в тех частях, которыми доламывается лёд, зачастую далека от оптимальной с точки зрения ледопроеходимости, что приводит к неоправданному росту ледового сопротивления и необходимости оснащения судов энергетической установкой повышенной мощности [3]. Кроме того, из-за резкого роста водоизмещения и ширины современных судов становится неэффективным такой традиционный элемент тактики проводки судов во льдах, как широко применявшаяся ранее буксировка ледо-

колом транспортного судна в тяжёлых ледовых условиях [4].

Серьёзные проблемы возникают и при обеспечении ледовой управляемости крупнотоннажных судов. Результаты теоретических и модельных исследований, а также данные пока немногочисленных натуральных испытаний убедительно показывают, что радиус циркуляции таких судов во льдах составляет 10 и более миль [5]. В этих условиях ставится под вопрос применимость традиционной тактики проводки судов во льдах, одним из основных положений которой является выбор на каждом коротком участке трассы оптимального маршрута с использованием небольших разводей, трещин, с обходом торосистых образований.

Необходимость обеспечения в Арктике работы крупнотоннажных судов ледового плавания диктует нетрадиционные задачи при создании ледоколов нового поколения. Нужно, чтобы ширина корпуса таких ледоколов была сопоставима с шириной крупнотоннажных судов. Они должны быть способны прокладывать широкий канал во льдах для безопасной проводки крупнотоннажных судов при круглогодичной навигации, обладать повышенной мощностью — от 80 МВт и более — для преодоления существенно возросшего из-за увеличения ширины корпуса ледового сопротивления. Переработка большой мощности при крайне ограниченных габаритах движителей предполагает применение многовальных (четырёхвинтовых) установок и решение задачи кавитации движителей при проведении ледовых операций, когда нагрузка на винты максимальная. Определённые проблемы возникают и при оптимизации формы обводов корпуса перспективных ледоколов.

Чтобы создать широкий канал в ледяном покрове, кораблестроители приступили к поиску новых нестандартных решений. Финскими специалистами предложен асимметричный ледокол и ледокол с аутригерами, а в Крыловском ГНЦ разработан и прошёл цикл первичных испытаний проект четырёхкорпусного ледокола (рис. 1). Активное участие в разработке этого проекта на начальных стадиях принимал академик В.М. Пашин. Благодаря специально подобранному расположению корпусов удалось добиться заметного снижения ледового сопротивления по сравнению с однокорпусным ледоколом той же ширины [6].

В связи с появлением нового класса ледоколов-снабженцев возникают всё новые задачи в области ледоколостроения. Это многофункциональные суда, предназначенные для обеспечения работы морских ледостойких платформ, благодаря которым проводятся разведка и добыча углеводородов в шельфовой зоне Арктики и прилегающих морей. Такие суда, помимо функции снабжения платформ, должны обеспечивать безопасность, включая операции по управлению ледовой обста-



Рис. 1. Модельные испытания нового многокорпусного ледокола в ровных льдах

новкой, швартовочные операции, водолазные работы и многое другое. Учитывая многофункциональность ледоколов, при их проектировании надлежало выполнить целый ряд зачастую взаимоисключающих требований. Они должны не только иметь высокие показатели ледовой ходкости, прочности и маневренности, но и обладать хорошими мореходными качествами и высоким классом систем позиционирования на чистой воде, поскольку их дежурство у платформ осуществляется круглогодично.

Целый спектр задач касается новой техники для освоения шельфовых районов замерзающих морей. Разработка глубоководных технологий длительное время была связана с проектом Штокмановского газоконденсатного месторождения, расположенного в Баренцевом море, где глубины составляют более 300 м. Для этого месторождения ледовые риски возникли не только в связи с воздействием дрейфующего льда и торосистых образований, но и опасностью столкновения с айсбергами, появление которых вызвано потеплением в Арктике. Основное техническое решение для арктического глубоководного шельфа — использование плавучих ледостойких платформ, оснащённых якорной системой удержания. Однако принципы разработки такой системы существенно отличаются от подходов, традиционных для условий чистой воды. Ледовая нагрузка является “медленной”, характерное время её действия измеряется десятками минут, в отличие от волновой нагрузки на чистой воде, которая измеряется секундами. Это может вызвать большие смещения (крен) платформы, что недопустимо в условиях работы бурового оборудования. Айсберговая опасность требует наличия в конструкции платформы дополнительного элемента, обеспечивающего возможность экстренного и безопасного отсоединения платформы от подводного оборудования в случае возникновения угрозы.



Рис. 2. Ледовый бассейн Крыловского ГНЦ

Основные разведанные месторождения и потенциально продуктивные структуры расположены в мелководной части российской Арктики. Сейчас ведётся активная работа по обустройству месторождений, расположенных в Обской губе, для которой характерны крайне мелководные участки, большие колебания уровня воды и пресный лёд, обладающий повышенной по сравнению с морским прочностью. При освоении подобных месторождений необходимо решать задачи устойчивости платформ на слабых грунтах под действием ледовой нагрузки, а также их снабжения в зимний период, усугубляемые мелководностью большинства перспективных районов. Определённый опыт создания ледостойкой техники для малых глубин был накоплен при работе на Каспии, где зимой также складывается довольно серьёзная ледовая обстановка, однако природные условия Арктики существенно сложнее.

Особо следует сказать о проблеме охраны границ российской Арктики, которой в последнее время уделяется большое внимание Правительством и Президентом РФ. Огромная протяжённость границы, практически необитаемые прибрежные районы — всё это требует специфической техники для людей, охраняющих рубежи российской Арктики. Речь идёт о высокоскоростном морском и амфибийном транспорте с достаточно большой дальностью действия и возможностью остановки и высадки людей в любом месте. Такими свойствами обладают только экранопланы и суда на воздушной подушке.

В последние годы Крыловский ГНЦ разрабатывал с экранопланостроительным объединением «Орион» патрульные экранопланы, решая задачи повышения надёжности конструкций, многоцелевого использования, обеспечения эксплуатации с воды, льда, снега, включая полёты над трещинами и торосами. Из судов на воздушной подушке нижегородской компанией «Аэроход»

наиболее активно развивались суда балонетного типа. Научная поддержка осуществлялась во взаимодействии Крыловского ГНЦ и Нижегородского университета с применением суперкомпьютерных расчётов для изучения поведения потоков воздуха внутри гибкого ограждения и взаимодействия гибкого ограждения со льдом. Компания провела испытательный рейс судна на воздушной подушке из Тикси до мыса Дежнёва, в ходе которого не было зафиксировано ни одного повреждения на наиболее уязвимой части таких судов — гибком ограждении, выполненном из отечественных полимерных материалов.

Ниже приводится далеко не полный список важнейших задач, которые необходимо неотложно решать для развития транспортного судостроения и техники, предназначенных для эффективной эксплуатации на арктическом шельфе. Значительная часть этих задач требует усилий не только судостроительной науки, но и других учреждений, в первую очередь специализированных институтов РАН.

- Получение новых знаний *о физических свойствах льда*, зависимости этих свойств от гидрометеорологических условий. Такие исследования постоянно проводят гляциологи и географы, учёные-судостроители занимаются ими по мере необходимости. Представляется, что интересных и важных практических результатов в этой области можно добиться при подключении к исследованиям академических специалистов в области прочности и механики разрушения.

- Изучение *взаимодействия льда и конструкций*, включая как конструкции офшорных сооружений и корпуса судов, так и движители судов. Взаимодействием со льдом прикладная судостроительная наука занимается постоянно. Результаты таких работ воплощены в создании платформ для месторождения Приразломное, отгрузочного терминала на Варандее, строительстве новых дизель-электрических ледоколов типа «Москва» и в других проектах. Однако отмеченное выше изменение в номенклатуре объектов ледостойкой морской техники требует разработки новых экспериментальных и расчётных методик.

- *Нормирование ледовых конструкций* на базе современных методов исследований, как нагрузок, так и реакции материалов на них; проверка соответствия принимаемых норм международным нормам. Такая работа постоянно ведётся Российским регистром морского судоходства и другими органами. В ней принимают активное участие учёные, работающие в прикладных областях. Требуется срочная корректировка целого ряда содержащихся в нормативных требованиях положений для учёта произошедших за последнее время изменений в структуре морской техники, эксплуатируемой во льдах.

- *Обеспечение возможности спасения персонала* с платформ и судов в аварийных ситуациях в ле-

Основные характеристики старого и нового ледовых бассейнов Крыловского ГНЦ

Параметры бассейна	Старый бассейн	Новый бассейн
Длина ледового бассейна с доковой частью, м	50	100
Длина ледяного поля, м	35	80
Ширина бассейна, м	6	10
Глубина, м (в скобках указана глубина последних 20% длины бассейна)	2 (3)	2 (4)
Диапазон толщины намораживаемого льда, мм	10–100	10–130
Скорость буксировочной тележки, м/с	0.005–1	0.005–1.5
Среднее время, затрачиваемое на приготовление одного поля, сутки	2	1–2

ловых условиях. Эта крайне важная задача, для которой в подавляющем большинстве случаев ещё не найдено удовлетворительного решения [7]. На ней необходимо сосредоточить внимание всех заинтересованных специалистов и академических, и отраслевых институтов.

• Решение *экологических проблем* при создании арктической техники. Они связаны как с добычей полезных ископаемых, так и с повышением интенсивности судоходства в Арктике. Ещё одна практически не решённая задача, требующая междисциплинарных исследований и общих усилий, – разработка сценариев развития аварийных ситуаций на шельфе и методов борьбы с разливами нефти в ледовых условиях.

Многие важные результаты были получены судостроительной наукой в ходе исследований в рамках ФЦП “Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.”, проектно-исследовательских разработок целого ряда аванпроектов перспективных судов ледового плавания и объектов морской ледостойкой техники.

Для решения всего комплекса задач, связанных с развитием ледовой техники, в 2014 г. в Крыловском ГНЦ был построен и запущен новый ледовый бассейн (рис. 2), который заменил бассейн, построенный в 1985 г. Сравнительные характеристики старого, полностью выработавшего свой ресурс ледового бассейна и нового представлены в таблице. Данные таблицы и рисунок 2 дают представление о новом ледовом бассейне как об одной из самых современных установок подобного рода в мире. При его проектировании и строительстве были учтены все новейшие разработки, связанные с моделированием взаимодействия морской техники со льдом. Это единственный в мире бассейн, позволяющий реализовывать две технологии моделирования льда, что существенно расширяет возможности исследований и, что немаловажно в такой интернациональной области, как судостроение, проводить работы и защищать результаты в соответствии с терминологией, принятой в зарубежных проектных и исследовательских центрах. Наиболее важные технологические особенности бассейна – возможность практической полной визуализации всех происходящих при движении модели процессов, а также применение двух многофункциональных

буксировочных тележек, с помощью которых одновременно испытываются несколько моделей для изучения их взаимодействия. Запуск нового ледового бассейна позволяет переходить к решению целого ряда из вышеперечисленных научных задач. Принципиально важно, что увеличена ширина бассейна, благодаря чему в ходе модельного эксперимента можно решать задачи не только прямолинейного движения во льдах, но и маневренности.

Современные направления освоения Арктики, предусмотренные в утверждённой Правительством РФ “Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года” ставят перед отечественной прикладной судостроительной наукой новые задачи, которые ранее решать не приходилось. Уже сейчас прорабатываются новые перспективные проекты, реализация которых позволит изменить ситуацию в транспортном освоении Арктики, создании эффективных средств добычи полезных ископаемых на арктическом шельфе, что предполагает тесное сотрудничество с представителями фундаментальной науки и различных отраслей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мохов И.И.* Современные изменения климата Арктики // Научно-технические проблемы освоения Арктики. М.: Наука, 2014.
2. *Мировое судостроение: состояние и перспективы развития.* Сборник аналитических и справочных материалов. 2014. № 1(6); № 2(7).
3. *Сазонов К.Е.* Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, 2010.
4. *Куликов Н.В., Сазонов К.Е.* Буксировка судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, 2003.
5. *Сазонов К.Е.* Ледовая управляемость судов. СПб.: ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, 2006.
6. *Пашин В.М., Апполонов Е.М., Сазонов К.Е.* Новый ледокол для проводки крупнотоннажных судов. В чём преимущества? // Морской флот. 2012. № 1.
7. *Сазонов К.Е.* Спасательные средства для ледовых условий: состояние вопроса и возможные пути решения // Арктика: экономика и экология. 2013. № 4(12).

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DOI: 10.7868/S0869587315070038

В публикуемой статье проводится сравнительный анализ двух документов, регламентирующих порядок присуждения учёных степеней в нашей стране, — вступившего в силу с 1 января 2014 г. и действовавшего до этого. Авторы подробно рассматривают изменения, произошедшие в области государственной научной аттестации в связи с появлением новых нормативов. Как следует из их анализа, эти изменения в той или иной мере затрагивают все процедуры, начиная от представления диссертации к защите и кончая возможной апелляцией на решения диссертационных советов.

О НОВЫХ ПРАВИЛАХ ПРИСУЖДЕНИЯ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ

В.В. Кондаков, В.А. Курнаев

Разработка предложений по модернизации государственной системы научной аттестации осуществлялась с начала 2013 г., и уже на совещании у председателя Правительства РФ Д.А. Медведева, состоявшемся 26 марта 2013 г. в Московском физико-техническом институте, они были впервые озвучены. На совещании присутствовали представители государственных академий наук и других научных организаций, ведущих российских вузов и научной общественности. Все участники в целом поддержали проект, дополнив его рядом собственных идей и предложений. По итогам встречи было составлено поручение председателя Правительства РФ [1], руководствуясь которым Министерство образования и науки РФ совместно с Высшей аттестационной комиссией

подготовило документ под названием “Концепция модернизации системы аттестации научных кадров высшей квалификации в Российской Федерации”. 17 апреля 2013 г. он был размещён на официальном сайте Минобрнауки России для общественного обсуждения [2]. Одновременно с этим в Государственной думе РФ шла работа по приведению в соответствие двух федеральных законов — “Об образовании” (от 29 декабря 2012 г.) и “О науке и государственной научно-технической политике” (от 23 августа 1996 г.). По результатам этой деятельности 2 июля 2013 г. Президентом РФ был подписан соответствующий Федеральный закон [3]. Изменения затронули область государственной научной аттестации: на основании статьи 41 этого закона, упомянутой “Концепции...” и поступивших в ходе её обсуждения предложений и замечаний было разработано Положение о присуждении учёных степеней (далее — Положение), утверждённое постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 [4]. Оно отменило действие предшествующего документа, нормировавшего порядок присуждения кандидатских и докторских учёных степеней [5]. Далее рассматриваются все нововведения, закреплённые указанным постановлением Правительства РФ и принятые Минобрнауки России, ВАКом и диссертационными советами к реализации в минувшем году.



Авторы работают в Национальном исследовательском ядерном университете “МИФИ”. КОНДАКОВ Владимир Вячеславович — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник кафедры физики плазмы. КУРНАЕВ Валерий Александрович — доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики плазмы.

Kondakov@mon.gov.ru; kurnayev@plasma.mephi.ru

Подготовка диссертаций и допуск к соисканию учёной степени. К соисканию учёной степени доктора наук, как это было и ранее, допускаются лица, имеющие учёную степень кандидата наук. Докторская диссертация может быть подготовлена как самостоятельно, так и в докторантуре организаций высшего или дополнительного профессионального образования и научных организаций, в которых действуют диссертационные советы [6].

Порядок подготовки кандидатских диссертаций и допуска к соисканию учёной степени кандидата наук, напротив, претерпел серьёзные изменения. Пунктом 3 Положения установлено, что к соисканию учёной степени кандидата наук допускаются лица, освоившие программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), а также лица, имеющие высшее образование, подтверждённое дипломом специалиста или магистра. Для работы над диссертацией и сдачи кандидатских экзаменов без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) специалист или магистр должен быть прикреплен к организации высшего или дополнительного профессионального образования, либо учреждению науки [7]. Таким образом, в настоящее время подготовка кандидатских диссертаций возможна в двух формах: прохождение обучения в аспирантуре (адъюнктуре) или прикрепление к соответствующей организации. При этом сдача кандидатских экзаменов по-прежнему остаётся обязательным условием для допуска к соисканию учёной степени кандидата наук [8]. Лицу, освоившему программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) по направлению, не соответствующему научной специальности, по которой им подготовлена диссертация, необходимо сдать кандидатский экзамен по релевантной диссертационной тематике специальной дисциплине. Сделать это можно, только прикрепившись к какой-либо организации высшего или дополнительного профессионального образования или научной организации.

До 1 сентября 2013 г., то есть перед вступлением в силу Федерального закона от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ, к защите кандидатских диссертаций допускались и те, кто имел высшее образование, подтверждённое дипломом бакалавра. Согласно новым требованиям, для этой категории был предусмотрен переходный период: если диссертационный совет до 1 января 2014 г. принял к предварительному рассмотрению подготовленную таким лицом работу, то защита диссертации должна была быть проведена не позднее 1 июля 2014 г. в порядке, действовавшем до 1 января 2014 г. Рассмотрение аттестационных дел соискателей-бакалавров должно завершиться к 1 июля 2015 г. (пункт 2 постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 [4]).

Представление к защите и защита диссертаций. Существенным изменением по сравнению с предыдущим порядком присуждения учёных степеней стало то, что представление как докторской, так и кандидатской диссертации к защите отныне возможно только в виде рукописи. Формы представления диссертации в виде научного доклада и в виде опубликованной монографии новым Положением не предусмотрены.

Диссертации по-прежнему готовятся и защищаются только на русском языке, однако диссертационный совет при необходимости может обеспечить синхронный перевод на иной язык, что ранее в нормативных документах не прописывалось.

Увеличилось минимальное количество публикаций в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть изложены основные результаты диссертационного исследования. Для докторской диссертации в области искусствovedения и культурологии, социально-экономических, общественных и гуманитарных наук их число составляет не менее 15, для диссертаций в остальных областях науки — не менее 10 (ранее установлено не было). Для защиты кандидатской диссертации в области искусствovedения и культурологии, социально-экономических, общественных и гуманитарных наук необходимо иметь не менее 3 публикаций, а защищающимся по другим специальностям — не менее 2 (ранее обязательным было наличие одной публикации).

Пунктом 12 Положения закреплены необходимость соответствия рецензируемых научных изданий, в которых опубликованы основные результаты диссертации, требованиям, устанавливаемым Минобрнауки России, а также правила формирования в уведомительном порядке перечня таких изданий [9]. При несоответствии издания указанным требованиям оно должно быть исключено из этого перечня без права повторного включения, в то время как ранее ВАК периодически пересматривал список таких изданий.

Диссертационные советы должны принимать диссертацию к предварительному рассмотрению при предоставлении соискателем документов, предусмотренных перечнем, установленным пунктом 24 Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённого приказом Минобрнауки России от 13 января 2014 г. № 7 (в этом процедура осталась без изменений), а также при соблюдении двух условий: наличия положительного заключения организации, где выполнялась диссертация (ранее заключение могло быть и отрицательным), и размещения соискателем полного текста диссертации на официальном сайте организации, на базе которой действует диссертационный совет (пункт 18 Положения).

Круг лиц, которым запрещается представлять к защите диссертации, расширен (пункт 17 Положения). Диссертации руководителей органов государственной власти или органов местного самоуправления запрещается представлять к защите в диссертационные советы, созданные на базе организаций, находящихся в ведении этих органов. Такие же ограничения касаются государственных (муниципальных) служащих, выполня-

ющих работу, которая влечёт за собой конфликт интересов и даёт возможность влиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации.

Нововведением стало существенное усиление роли комиссии диссертационного совета, создаваемой на этапе предварительного рассмотрения диссертации. Основной задачей комиссии является детальное ознакомление с содержанием диссертационных работ и недопущение к защите тех из них, в которых обнаружены:

- заимствованный материал без ссылок на авторов и (или) источники заимствования;
- результаты научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов;
- недостоверные сведения о работах, опубликованных автором.

Пункт 18 Положения разрешает участие в составе комиссии специалистов в соответствующей области науки, приглашённых по желанию диссертационного совета и не являющихся его членами (в том числе не являющихся работниками организации, на базе которой он создан). Вместе с тем такие специалисты должны соответствовать требованиям, предъявляемым к кандидатам в члены диссертационных советов.

На основании заключения комиссии диссертационным советом принимается мотивированное решение либо о приёме, либо об отказе в приёме диссертации к защите. Перечень оснований для отказа в приёме диссертации к защите заметно расширен и включает, помимо закреплённой в предыдущем положении возможности отказа при невыполнении требований к публикации основных результатов диссертации, следующие обстоятельства:

- несоответствие соискателя требованиям, необходимым для допуска его диссертации к защите;
- использование в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования и результатов научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов;
- предоставление соискателем недостоверных сведений об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертационного исследования;
- представление диссертации лицом, которому запрещается представлять диссертацию к защите в данный диссертационный совет.

Увеличено количество касающихся защиты диссертации материалов и сведений, которые размещаются в сети Интернет [10]. Ранее на официальном сайте Минобрнауки России не позднее чем за 3 месяца до защиты докторской и не позднее чем за 1 месяц до защиты кандидатской диссертации размещались только текст объявления о

защите и автореферат диссертации. Теперь на официальном сайте организации, на базе которой действует диссертационный совет, принявший диссертацию к защите, за 2 месяца до защиты и в течение 7 месяцев со дня защиты кандидатской и за 3 месяца до защиты и в течение 9 месяцев со дня защиты докторской диссертации должен быть доступен полный текст представленной работы. В случае использования в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов или предоставления соискателем недостоверных сведений об опубликованных им работах, в которых изложены основные результаты диссертации, текст должен оставаться доступным для ознакомления в течение 10 лет.

Помимо текста диссертации на сайте организации — организатора диссертационного совета публикуется решение совета о приёме или об отказе в приёме диссертации к защите и не позднее чем за 10 дней до защиты диссертации размещаются:

- сведения об оппонентах и их отзывы на диссертацию;
- сведения о ведущей организации и её отзывы на диссертацию;
- отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат диссертации.

Сведения о результатах публичной защиты диссертации в диссертационном совете также требуется разместить на официальном сайте, причём не позднее чем через 10 дней со дня защиты.

На официальном сайте ВАКа в обязательном порядке размещаются следующие документы:

- текст объявления о защите (со ссылкой на сайт, где размещён полный текст диссертации), отзывы научных руководителей или научных консультантов соискателя и автореферат диссертации — не позднее чем за 3 месяца до защиты докторской и не позднее чем за 2 месяца до защиты кандидатской диссертации;
- информация о принятых диссертационными советами отрицательных решениях по результатам проведённых ими защит диссертаций — в течение 10 дней со дня получения соответствующей информации;
- приказ Минобрнауки России о выдаче диплома кандидата наук или доктора наук либо об отмене решения диссертационного совета о присуждении учёной степени (при этом также размещается автореферат диссертации);
- решения Минобрнауки России по апелляциям, заявлениям о лишении или восстановлении учёной степени.

Все решения Минобрнауки публикуются в течение 10 дней со дня принятия. При размещении

решений, а также приказов Минобрнауки России о выдаче дипломов или отмене решения диссертационного совета они сопровождаются публикацией информации о научных руководителях (консультантах) соискателя учёной степени, в отношении которых издан данный приказ или принято решение, членах комиссии диссертационного совета, подписавших заключение о приёме диссертации соискателя к защите, председателе диссертационного совета, оппонентах, давших отзыв на диссертацию, лице, утвердившем заключение организации, где подготавливалась диссертация, лице, утвердившем отзыв ведущей организации на неё, а также о ведущей организации, давшей этот отзыв.

Если ранее выступать оппонентами по докторским и кандидатским диссертациям запрещалось министру образования и науки РФ, членам ВАКа, руководителям советов ВАКа, научным руководителям соискателя, председателю, заместителю председателя и учёному секретарю диссертационного совета, то теперь в число лиц, не допускаемых к оппонированию, включены все члены диссертационного и экспертных советов ВАКа, научные консультанты соискателя. Кроме того, под ограничения подпадают ещё две категории лиц. Первая — это государственные (муниципальные) служащие, способные повлиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации или выполняющие работу, которая влечёт за собой конфликт интересов. Вторая — сотрудники (в том числе работающие по совместительству) организаций, где выполнялась диссертация или работает соискатель учёной степени, его научный руководитель или научный консультант, и организации, где ведутся научно-исследовательские работы, руководителем, исполнителем (соисполнителем) или сотрудником организации-заказчика которых выступает соискатель учёной степени (ранее подобное требование касалось только отдельных категорий работников). Если согласно предыдущему порядку оппоненты обязательно должны были быть сотрудниками какой-либо организации, в том числе одной и той же, то теперь они не могут являться сотрудниками одной организации, но вместе с тем могут вообще не осуществлять трудовую деятельность.

Введены ограничения и относительно выбора ведущей организации: таковыми не могут быть организации, в которых работают соискатель учёной степени, научные руководители и консультанты соискателя, а также организации, где ведутся научно-исследовательские работы, руководимые соискателем, либо те, где он является исполнителем (соисполнителем) или работником организации-заказчика.

Отзывы на диссертацию и автореферат диссертации, поступившие менее чем за 10 дней до защиты диссертации, в Интернете не размещаются,

но в случае получения отрицательного отзыва он должен быть в обязательном порядке зачитан на заседании диссертационного совета по вопросу присуждения учёной степени, даже если поступил непосредственно в день защиты.

В порядке проведения защиты произошли следующие изменения. Во-первых, теперь диссертационный совет имеет право разрешать двум оппонентам при защите докторской и одному при защите кандидатской диссертации присутствовать на заседании в удалённом режиме при условии аудиовизуального контакта с ними. Во-вторых, при положительном результате голосования заключение диссертационного совета по диссертации должно содержать обоснование назначения оппонентов и ведущей организации.

Диссертация, по результатам защиты которой диссертационный совет вынес отрицательное решение, по-прежнему может быть повторно представлена к защите в переработанном виде не ранее чем через один год после первой защиты. Повторная защита диссертации не допускается, если в диссертации был использован заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов, или присутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Как это было и ранее, соискатель вправе отозвать диссертацию с рассмотрения до принятия диссертационным советом решения по вопросу присуждения учёной степени, за исключением тех случаев, в которых не допускается повторная защита.

Ещё одно отличие старого и нового положений о присуждении учёных степеней состоит в том, что последним не предусмотрено представление в диссертационный совет диссертаций с пометкой «Для служебного пользования».

Рассмотрение диссертаций и аттестационных дел Минобрнауки России и ВАКом. По действовавшему до 1 января 2014 г. Положению о порядке присуждения учёных степеней Минобрнауки России осуществляло проверку всех аттестационных дел только на соответствие требованиям, предъявляемым к оформлению. Теперь ведомство принимает во внимание также соблюдение всех необходимых требований к процедурам представления диссертации к защите и проведения её защиты. В случае нарушения этих требований министерство уполномочено отменять решения диссертационного совета о присуждении учёной степени и отказывать в выдаче диплома кандидата или доктора наук.

При выявлении несоответствия аттестационного дела требованиям к его оформлению оно без рассмотрения направляется Минобрнауки Рос-

сии в диссертационный совет для доработки. Диссертационный совет получает один месяц на исправление выявленных нарушений, при этом срок принятия решения Минобрнауки России по вопросу выдачи диплома кандидата наук или доктора наук отсчитывается со дня поступления из указанного диссертационного совета доработанного аттестационного дела. Ранее процедура возврата аттестационного дела в диссертационный совет при обнаружении нарушения требований по его оформлению для доработки в нормативных документах прописана не была.

Для проверки соответствия докторских диссертаций установленным требованиям ВАКа по-прежнему проводит экспертизу с привлечением экспертных советов. Но теперь, в дополнение к этому, ВАК получил возможность осуществлять с привлечением экспертных советов также экспертизу кандидатских диссертаций. Основанием для проведения такой экспертизы является заключение соответствующего экспертного совета ВАКа, мотивированное в следующих случаях:

- при получении отрицательного отзыва на диссертацию от одного из оппонентов или от ведущей организации;
- при наличии отрицательного отзыва на диссертацию или автореферат диссертации от организации, которой автореферат диссертации рассылается в обязательном порядке;
- если из материалов аттестационного дела следует, что при голосовании по вопросу о присуждении учёной степени кандидата наук “за” проголосовало менее 75% членов диссертационного совета, присутствовавших на заседании;
- при возникновении необходимости уточнить вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практической значимости результатов исследования, а также проверить диссертацию на предмет наличия (или отсутствия) в ней заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Экспертиза инициируется без заключения экспертного совета ВАКа при поступлении заявления о необоснованности присуждения диссертационным советом учёной степени кандидата наук в связи с несоответствием диссертации закреплённым в Положении критериям. Согласно пункту 43 такое заявление в Минобрнауки России может подать как физическое, так и юридическое лицо.

Ещё одним существенным изменением стало то, что новым положением больше не предусмотрено возврат заключения диссертационного совета по диссертации для его доработки. При расхождении мнений экспертного совета ВАКа, давшего

заключение о диссертации, и диссертационного совета, в котором проходила защита, по рекомендации ВАКа диссертация вместе с аттестационным делом может быть направлена на дополнительное заключение в другой диссертационный совет. До 2014 г. подобная процедура требовала только рекомендации ВАКа.

Новым положением скорректированы правила проведения заседаний экспертного совета ВАКа и заседаний ВАКа при рассмотрении аттестационных дел или, в специально установленных случаях, также и диссертаций. Прежде на заседания экспертного совета ВАКа и заседания ВАКа могли быть приглашены соискатель учёной степени, руководитель диссертационного совета, в котором проходила защита диссертации или было подготовлено дополнительное заключение, оппоненты по диссертации, научный руководитель соискателя учёной степени, а также ведущие специалисты в соответствующей отрасли знания. В случае неявки соискателя учёной степени без уважительной причины экспертный совет ВАКа и ВАК имели право рассматривать диссертацию в его отсутствие. Согласно действующему с 1 января 2014 г. порядку при рассмотрении диссертации присутствие на заседании экспертного совета ВАКа лиц, не являющихся его членами, не предусмотрено. В случае отрицательного заключения экспертного совета ВАКа на заседание ВАКа приглашается в обязательном порядке соискатель учёной степени. Диссертация может быть рассмотрена без участия соискателя только в случае его повторной неявки. На заседание ВАКа, созванное на основании отрицательного решения экспертного совета ВАКа, могут быть приглашены председатель или заместитель председателя диссертационного совета, в котором проходила защита диссертации, оппоненты по диссертации, научные руководители (консультанты) соискателя учёной степени, а также члены экспертных советов ВАКа и ведущие специалисты в отрасли науки, к которой относится тематика диссертационной работы. При этом такие специалисты должны соответствовать требованиям к членам экспертных советов ВАКа, на заседании ВАКа они имеют право совещательного голоса.

Решение о выдаче диплома кандидата наук или доктора наук или об отмене решения диссертационного совета о присуждении учёной степени и отказе в выдаче диплома кандидата наук или доктора наук ранее обеспечивалось следующей процедурой: экспертный совет ВАКа предоставлял ВАКу рекомендацию, а ВАК направлял в Минобрнауки России заключение, на основании которого министерство готовило соответствующий приказ. С 1 января 2014 г. решения принимаются Минобрнауки России на основании рассмотрения как рекомендации ВАКа, так и заключения экспертного совета ВАКа.

Скорректированы сроки принятия Минобрнауки России решений о выдаче диплома. Для диплома доктора наук он увеличен с 5 до 6 месяцев, а в случае направления диссертации и аттестационного дела на дополнительное заключение может быть продлён решением руководителя подразделения министерства, обеспечивающего функции государственной научной аттестации, до 9 месяцев. Срок принятия решения о выдаче диплома кандидата наук уменьшен с 5 до 4 месяцев и составляет 7 месяцев в случае направления диссертации и аттестационного дела на дополнительное заключение.

Диплом доктора наук, как и ранее, выдаётся Минобрнауки России, а диплом кандидата наук — организацией, на базе которой проходила защита диссертации [11]. Рассмотрение вопроса о выдаче диплома кандидата наук и доктора наук приостанавливается, если в Минобрнауки России поступает апелляция на решение диссертационного совета.

Рассмотрение апелляций, заявлений о лишении или восстановлении учёной степени. В действовавших до 1 января 2014 г. нормативных документах процедуры подачи и рассмотрения апелляций, заявлений о лишении или восстановлении учёной степени описаны схематично (процедура рассмотрения апелляций в диссертационных советах и Минобрнауки России была определена в приложении № 6 к приказу Министерства образования РФ от 9 апреля 2002 г. № 1305) либо вообще не были установлены. В Положении от 24 сентября 2013 г. они прописаны достаточно подробно (разделы V–VII).

Первым изменением стало более чёткое разграничение предметов апелляции, с одной стороны, и заявлений, — с другой. Апелляция подаётся только по вопросу присуждения учёной степени в части нарушения порядка представления к защите и защиты диссертации, но не по вопросам обоснованности принятия диссертационным советом решения о присуждении, лишении (восстановлении) учёных степеней, как это было до 2014 г. Заявление о лишении (восстановлении) учёной степени, напротив, подаётся только по вопросу обоснованности принятия решения о присуждении, лишении (восстановлении) учёной степени, в то время как ранее могло указывать на нарушения процедур рассмотрения и принятия решения о присуждении, лишении (восстановлении) учёной степени.

Как апелляция, так и заявления о лишении (восстановлении) учёной степени подаются только в Минобрнауки России. Существовавшая прежде возможность направления их в диссертационный совет отменена. Апелляция может быть подана в течение 2 месяцев со дня принятия диссертационным советом решения о присуждении учёной степени. Ранее относительно апелляций по во-

просам обоснованности принятия диссертационным советом решения о присуждении, лишении (восстановлении) учёных степеней был установлен срок 3 года, а относительно апелляций по вопросам нарушения порядка защиты диссертации, тайного голосования или работы счётной комиссии диссертационного совета — 2 месяца. В случае заявлений о лишении учёной степени срок подачи увеличен с 3 лет до 10 лет со дня принятия обжалуемого решения, а в случае заявлений о восстановлении учёной степени действовавший ранее лимит, равный тем же 3 годам, вообще отменён, то есть заявление может быть подано по прошествии сколь угодно большого срока со дня принятия решения диссертационного совета.

Решения о лишении (восстановлении) или об отказе в лишении (восстановлении) учёной степени и решения об удовлетворении апелляции и отмене решения диссертационного совета или об отказе в удовлетворении апелляции и о выдаче диплома об учёной степени принимается Минобрнауки России на основании заключения экспертного совета ВАКа и рекомендации ВАКа. Ранее решение по апелляции принималось с учётом результатов рассмотрения апелляции диссертационным советом, принявшим обжалуемое решение, и заключения ВАКа, а решение по заявлениям о лишении (восстановлении) учёной степени диссертационный совет мог принимать самостоятельно, наравне с министерством.

До 2014 г. сроки принятия решений по апелляциям и заявлениям о лишении (восстановлении) учёной степени установлены не были. В новом положении они зафиксированы следующим образом. Срок принятия решения по апелляции не должен превышать 3 месяцев со дня поступления в Минобрнауки России из диссертационного совета, на решение которого подана апелляция, соответствующих материалов по апелляции. Срок принятия решения по заявлению о лишении (восстановлении) учёной степени не может превышать 6 месяцев со дня поступления из диссертационного совета, рассматривавшего заявление о лишении (восстановлении) материалов по этому заявлению. И в первом, и во втором случае указанные сроки могут быть продлены по решению руководителя подразделения Минобрнауки России, обеспечивающего функции государственной научной аттестации, в случае, если для рассмотрения апелляции или заявления требуются дополнительные сведения. Продление срока также предусмотрено при направлении заявлений о лишении (восстановлении) учёной степени и поступивших по нему материалов в другой диссертационный совет для получения дополнительного заключения.

* * *

Из проведённого сравнения вступившего в силу с 1 января 2014 г. Положения о присуждении учёных степеней с действовавшими до этого момента нормативными документами можно сделать вывод об усилении открытости процедур представления диссертаций к защите и их защиты, благодаря чему устанавливается репутационная ответственность всех участников этих процедур. Чётко прописанные правила рассмотрения диссертаций и аттестационных дел ВАКом и Минобрнауки России, подачи и рассмотрения апелляций, заявлений о лишении и восстановлении учёной степени и принятия по ним решений дополняют прозрачность процедур представления диссертаций к защите и их защиты в диссертационных советах, созданных на базе организаций высшего и дополнительного профессионального образования и учреждений науки. К сожалению, любое усложнение и регламентация процедурных вопросов увеличивают издержки или “цену”, которую научное сообщество должно заплатить за появление в своих рядах человека с учёной степенью. Однако все изменения в совокупности позволяют надеяться на преодоление негативных тенденций, наметившихся в последние годы в области государственной научной аттестации в части присуждения учёных степеней. Практика применения новых правил в свою очередь неизбежно приведёт к их дальнейшему совершенствованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поручение “а” перечня поручений председателя Правительства Российской Федерации от 30 марта 2013 г. № ДМ-П8-2007.
2. <http://минобрнауки.рф/документы/3307>
3. Федеральный закон от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу законодательных актов (отдельных положений законодательных актов) Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона “Об образовании в Российской Федерации”».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 “О порядке присуждения учёных степеней”.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475) “Об утверждении единого реестра учёных степеней и учёных званий и Положения о порядке присуждения учёных степеней”.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2014 г. № 267 “Об утверждении Положения о докторантуре”.
7. Приказ Минобрнауки России от 28 марта 2014 г. № 248 “О Порядке и сроке прикрепления лиц для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)” (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 8 мая 2014 г., регистрационный № 32200).
8. Приказ Минобрнауки России от 28 марта 2014 г. № 247 “Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня” (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 5 июня 2014 г., регистрационный № 32577).
9. Приказ Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793 “Об утверждении правил формирования в уведомительном порядке перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук и требований к рецензируемым научным изданиям для включения в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук” (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 25 августа 2014 г., регистрационный № 33863).
10. Приказ Минобрнауки России от 16 апреля 2014 г. № 326 «Об утверждении Порядка размещения в информационно-телекоммуникационной сети “Интернет” информации, необходимой для обеспечения порядка присуждения учёных степеней» (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 27 мая 2014 г., регистрационный № 32439).
11. Приказ Минобрнауки России от 4 марта 2014 г. № 157 “Об утверждении Порядка оформления и выдачи дипломов доктора наук и кандидата наук” (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 8 апреля 2014 г., регистрационный № 31841).

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

DOI: 10.7868/S0869587315070087

Полвека назад были впервые сформулированы принципы теории тектоники литосферных плит, или плейт-тектоники. С тех пор теория существенно усложнилась, и обозначились тектонические процессы и явления, теорией не описываемые. Это относится к некоторым типам вертикальных движений, прежде всего к новейшим поднятиям, приведшим к образованию современных горных систем. Сопоставление геологических процессов (как описываемых плейт-тектонической теорией, так и не находящих объяснения) с данными сейсмической томографии мантии позволило наметить новую тектоническую модель, согласно которой источником наблюдаемых тектонических проявлений служат латеральные потоки верхнемантийного вещества, распространяющиеся от суперплюмов — потоков вещества и энергии, восходящих из низов мантии. Эти латеральные потоки не только перемещают литосферные плиты, но и обуславливают структурно-вещественные преобразования литосферы и верхней подлитосферной мантии, приводящие к вертикальным движениям и горообразованию.

НА ПУТИ К ПОСТПЛЕЙТ-ТЕКТОНИКЕ

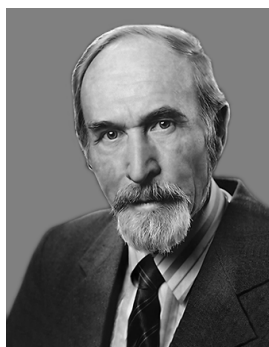
В.Г. Трифонов, С.Ю. Соколов

Основные положения плейт-тектоники как кинематической модели были сформулированы в трудах Дж. Уилсона, Ф. Вайна, Д. Мэтьюза, Б. Айзекса, Дж. Оливера, Л. Сайкса и других учёных. Согласно этой модели, литосферные плиты, охватывающие земную кору и самую верхнюю часть мантии, общей толщиной до 50 км под океанами и ~100 км под континентами перемещаются от зон спрединга вдоль трансформных разломов к зонам субдукции и коллизии, причём в зонах спрединга литосфера наращивается глубинным магматическим материалом, а в зонах субдукции и кол-

лизии прирост литосферы компенсируется её погружением в нижележащую мантию; движение плит описывается их вращением относительно полюсов Эйлера.

Предпринимались попытки найти источники движения плит в самом плейт-тектоническом механизме, обсуждались растягивающее воздействие нагнетания магматического материала в зонах спрединга и затягивающее воздействие субдцируемых частей плит. Однако О.Г. Сорохтин [1] показал, что они имеют лишь локальное значение и не могут обеспечить движение плит в целом. Д. Форсайт и С. Уеда предложили в качестве общего источника движения механизм общемантийной тепловой конвекции, а Е.В. Артюшков и О.Г. Сорохтин аргументировали большую эффективность химико-плотностной конвекции, связанной с дифференциацией мантии и пополнением внешнего ядра её железистыми компонентами.

Может быть, важнейшим достижением плейт-тектоники стало объединение усилий геологов, геофизиков и геохимиков для решения общих задач, что существенно продвинуло как их взаимопонимание, так и познание тектонических процессов. Вместе с тем наращивание знаний потребовало усложнения первоначальной плейт-тектонической модели. Одним из предметов дискуссии были и остаются параметры мантийной конвекции как источника движения плит. По сейсмологическим данным был выделен переходный слой между верхней и нижней мантией. Скачки скоростей сейсмических волн на его верх-



Авторы работают в Геологическом институте РАН. ТРИФОНОВ Владимир Георгиевич — доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник. СОКОЛОВ Сергей Юрьевич — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник. trifonov@ginras.ru; sysokolov@yandex.ru



Рис. 1. Диффузные границы плит (подвижные пояса) Евразии

Пояса: I — Притихоокеанский, II — Альпийско-Гималайский, III — Алтайско-Становой, IV — Момско-Черский. Показаны крупнейшие активные разломы

ней (~410 км) и нижней (~670–680 км) границах столь велики, что могут происходить лишь при фазовых минеральных преобразованиях мантийного вещества. Эти экзо- и эндотермические переходы при некоторых задаваемых параметрах системы делают общемантийную тепловую конвекцию невозможной, что отвечает представлениям об отсутствии существенного обмена веществом между нижней и верхней мантией [2, 3]. Однако О.Г. Сорохтин [1] привёл убедительные соображения в пользу общемантийной химико-тепловой плотностной конвекции. Исходя из предположения о полном обращении вещества мантии в течение тектонического цикла, он пришёл к выводу о достаточно высоких скоростях конвективных течений, при которых минеральные преобразования не прерывают их и проявляются лишь в поднятии или погружении границ переходного слоя на величину до 20 км. Сейчас наиболее весомыми выглядят доводы в пользу сочетания и комбинированного воздействия на литосферу общемантийной и верхнемантийной конвекции [4].

В первоначальных вариантах плейт-тектонической теории предполагалось, что зоны спрединга представляют собой восходящие ветви мантийной конвекции, а зоны субдукции — её нисходящие ветви, выраженные до глубин ~650 км мантийными сейсмофокальными зонами. Такое представление укрепились, когда К. Кригер и Т. Джордан проследили геофизические аномалии, связываемые с субдуцируемыми слэбами,

ниже переходного слоя до глубин ~900 км. Сейсмофотографические исследования подтвердили, что некоторые слэбы проникают в нижнюю мантию, но это далеко не повсеместно [5, 6]. Стало очевидно, что зоны спрединга не могут быть прямым отражением восходящих ветвей конвекции. Это наглядно демонстрирует пример Африканской плиты. Обрамляющие её с запада и востока зоны спрединга местами параллельны. Поскольку в ходе их развития происходит наращивание Африканской плиты, а компенсирующие области поглощения литосферного вещества внутри плиты отсутствуют, расстояние между зонами спрединга увеличивается, то есть либо одна из них, либо обе изменяют своё положение на сфере и, соответственно, относительно восходящих ветвей конвекции. В итоге было признано, что о согласованности движения литосферных плит, положения зон спрединга и субдукции ветвям мантийной конвекции можно говорить лишь в самом общем виде, полного соответствия между ними нет.

Два других несоответствия первоначальному варианту плейт-тектонической теории обнаружили по мере накопления геологических данных. Речь идёт о тектонической расслоенности литосферы и неопределённости границ плит.

Термин “тектоническая расслоенность литосферы” примерно соответствует англоязычному понятию “detachment tectonics”. Это различия напряжённо-деформированного состояния и одновременно развивающихся структур в разных слоях литосферы, приводящие к их срыву и латеральному перемещению друг относительно друга. Идею тектонической расслоенности впервые высказал А.В. Пейве в 1967 г. Развивая её, он писал: “Материал отдельных частей тектоносферы в латеральном направлении перемещается дифференцированно, то есть с разной скоростью. И если считать, что главной зоной тектонического течения и перемещения материала является астеносферный слой верхней мантии, то не с меньшим основанием можно признать также большую роль дифференцированных латеральных перемещений масс как по основанию коры, так и внутри неё” [7, с. 7]. Дальнейшее развитие концепции тектонической расслоенности литосферы приоритетно осуществлялось российскими учёными в направлениях исследований как древней, так и новейшей тектоники и нашло наиболее полное отражение в трудах Геологического института РАН [8]. Было показано, что по отношению к верхнекоровому слою нижележащая часть коры играет в отдельных регионах ту же роль подвижного и сравнительно пластичного субстрата, как и астеносфера по отношению к литосфере в целом [9]. Л.И. Лобковский [10] предложил модель двухъярусной плейт-тектоники, согласно которой она реализуется в подвижных поясах более или менее незави-

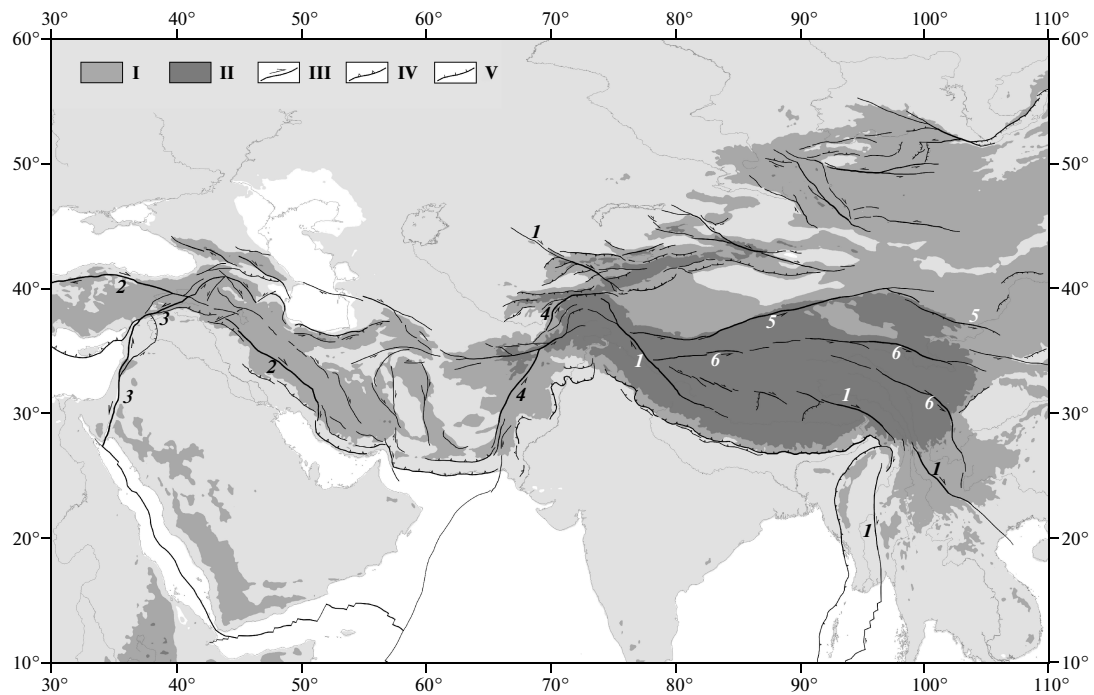


Рис. 2. Альпийско-Гималайский орогенетический пояс

I — возвышенности 1000–3000 м; II — горы и нагорья выше 3000 м; III–V — крупные активные разломы: III — сдвиги, IV — надвиги и взбросы, V — сбросы. Крупнейшие системы правых сдвигов: 1 — от Таласо-Ферганского разлома до разломов Сагаинг и Красной реки, 2 — Северо-Анатолийская и Главного современного разлома Загроса. Крупнейшие системы левых сдвигов: 3 — Левантско-Восточно-Анатолийская, 4 — Чаманско-Дарвазская, 5 — Алтынтагская, 6 — Кунлунь-Юннаньская

симо на коровом и мантийном уровнях. Для таких поясов двухъярусная плейт-тектоника явилась лучшим приближением к действительности по сравнению с постулатом монолитности плит, но и она не объясняет всей сложности тектонического расслоения вблизи границ плит.

Обнаружилась диффузность, то есть рассредоточенность современных границ некоторых плит в пределах широких поясов [11]. На рисунке 1 показан подвижный пояс (I) западных обрамлений Тихого океана, продолжающийся активными структурами запада Северо-Американского континента. Это область взаимодействия Тихоокеанской плиты с Евразийской и Северо-Американской. Северная часть пояса разнородна, её калифорнийский сегмент, совпадающий с зоной разлома Сан-Андреас, является трансформным, а северный и северо-западный сегменты, образованные Алеутской, Курило-Камчатской и Японской островодужными системами, сформировались в условиях субдукции. В трансформной части зона разлома Сан-Андреас является верхнекоровой границей плит и прослеживается лишь до глубины ~20 км. Глубже находится поверхность срыва, ниже которой Тихоокеанская плита продолжается к востоку на 200–300 км. Там глубинной границей плит может быть погребённая система рифтовых и трансформных зон, сходная со структурой Калифорнийского залива и выраженная геофизическими аномалиями, проявлениями вулканизма и

второстепенными нарушениями верхнекорового слоя [8].

Субдукционные границы Тихоокеанской плиты принято проводить по преддуговым желобам. Однако возникают затруднения с проведением границы Северо-Американской и Евразийской плит, которая прерывается в пределах Притихоокеанского подвижного пояса. Были предложены два объяснения этой проблемы: между главными плитами находится Охотоморская малая плита; область, выделяемая как Охотоморская малая плита, является частью Северо-Американской плиты. А.И. Кожурин [12] доказал, что оба эти объяснения противоречат существующим геологическим данным и что границей плит здесь служит вся широкая зона деформаций.

Диффузность границ ещё более очевидна в областях новейшего коллизионного взаимодействия плит, где его структурные проявления рассредоточены в поясах шириной в сотни километров (см. рис. 1). Внутри пояса находятся относительно слабо деформированные удлинённые блоки, или микроплиты, разделённые зонами концентрации деформаций. На современном этапе развития Гималайско-Тибетского сегмента Альпийско-Гималайского коллизионного пояса такие зоны выделяются на южном фланге Гималаев, границе Южного и Центрального Тибета, северном фланге Тибета и Цайдама (Алтынтагский разлом) и южном фланге Тянь-Шаня (рис. 2). Ско-

рость позднечетвертичных перемещений в каждой из зон достигает $\sim 1\text{--}1.5$ см/год [13], и отдать предпочтение какой-либо из них как границе Индийской и Евразийской плит невозможно. По существу, краевые части взаимодействующих крупных плит испытывают общую деформацию, хотя и неравномерно распределённую.

Указанные геологические явления осложняют плейт-тектонику и заставляют отказаться от некоторых постулатов её первоначальной версии, но не меняют сути теории. Главный принцип, заключающийся в том, что структурные проявления тектонического процесса являются результатом взаимодействия плит, остаётся неизменным.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОДНЯТИЯ, ПРИВЕДШИЕ К НОВЕЙШЕМУ ГОРООБРАЗОВАНИЮ

Изучение новейших тектонических движений, выразившихся в образовании современных горных систем центральной части Альпийско-Гималайского коллизионного пояса (см. рис. 2), привело нас к выводу, что источники этих движений не ограничиваются рамками плейт-тектонической теории [14–17].

Горные системы Альпийско-Гималайского пояса, отмеченные высочайшими вершинами, в основном наследуют северную окраину океана Неотетиса, тогда как на его южной окраине сформировались немногие горные системы, крупнейшие из которых Гималаи и Загрос. Продольная зональность пояса с омолаживанием континентальной коры к югу определяется геодинамикой развития Тетиса. Его юго-западная окраина была пассивной, а северо-восточная активной. На пассивной окраине рифтинг, перераставший в спрединг, отчленил фрагменты Гондваны, и они двигались на северо-восток, где океанская литосфера Тетиса субдуцировала под окраины северных плит. Последовательное образование Палео-, Мезо- и Неотетиса приводило к причленению к северным окраинам всё новых фрагментов Гондваны, разделённых сутурами (швы, где присутствуют реликты коры закрывшихся частей океана), аккреционными клиньями и проявлениями магматизма соответствующих стадий Тетиса. Этот процесс, начавшийся с распадом Пангеи в позднем палеозое, отчётливо прослеживается в мезокайнозое, когда северные плиты слились в Евразийскую плиту. Активную окраину осложняли задуговые прогибы с утонённой (субокеанической) корой, нередко наследовавшие реликты более ранних тектонических бассейнов и закрывавшиеся параллельно с Тетисом или позднее. При неоднократном закрытии бассейнов с океанской и субокеанской корой в литосфере пояса сохранились реликты океанской коры, фиксируемые в виде высокоскоростных объёмов на разных уровнях литосферы и

проявляющиеся в ксенолитах изверженных пород. Тетис представлял собой сужавшийся к северо-западу залив Пацифики, и горизонтальные перемещения на разных стадиях его развития и закрытия в целом возрастали к востоку. Эта тенденция проявилась и в позднем кайнозое в возрастании амплитуд латеральных смещений с запада на восток как в частных структурах (например, в больших амплитудах сдвига на западном фланге Индийской плиты по сравнению с Аравийской), так и в масштабах сегментов пояса, укоротившихся на разную величину [16, 18].

В эоцене коллизия охватила обширные области пояса. Его восточная часть стала более или менее всхолмлённой сушей, а на западе участки суши чередовались с эпиконтинентальными морскими бассейнами. На этом фоне выделялись реликты Неотетиса и задуговые бассейны с утонённой корой. Позднее, в первый этап новейшего горообразования, охвативший ~ 30 млн. лет с олигоцена до конца миоцена и местами плиоцена, направление коллизионного сжатия изменялось от стадии к стадии в связи с изменениями направления движения Гондванских плит [16]. В первую стадию (олигоцен — начало миоцена) они двигались на северо-северо-запад, во вторую (конец раннего миоцена и средний миоцен) — на северо-восток, в третью — на север или северо-северо-запад. В соответствии с этим закрывались те или иные реликты Неотетиса и большинство задуговых бассейнов, изменялись интенсивность и характер перемещений, разные тектонические зоны испытывали сжатие и поперечное укорочение, что приводило к локальному утолщению коры таких зон и образованию выраженных в рельефе поднятий, площадь которых со временем возрастала. В Центральной Азии рост поднятий местами сопровождался интенсивным гранитообразованием. Судя по тонкообломочности сносимого с поднятий материала и величине врезов в выработанные на них поверхности и ступени рельефа, эти поднятия, за редкими исключениями, были не выше среднегорных (до 1500–2000 м). Расчёты изостатического поднятия из-за утолщения коры при сжатии, сделанные Е.В. Артюшковым для Центрального Тянь-Шаня [15], и подобные расчёты, выполненные для Большого Кавказа [17], совпадают с геолого-геоморфологическими оценками. Иначе говоря, поднятия, возникшие на первом этапе, были изостатической реакцией на утолщение коры при сжатии, то есть явились закономерным результатом коллизионного взаимодействия плит. В тех случаях, когда расчёты указывали на возможность большего поднятия, эффект утолщения коры компенсировался уплотнением её нижней части [19].

Крупномасштабные деформации коровых масс в течение первого этапа поднятий, сопровождавшиеся метаморфизмом и коровым магма-

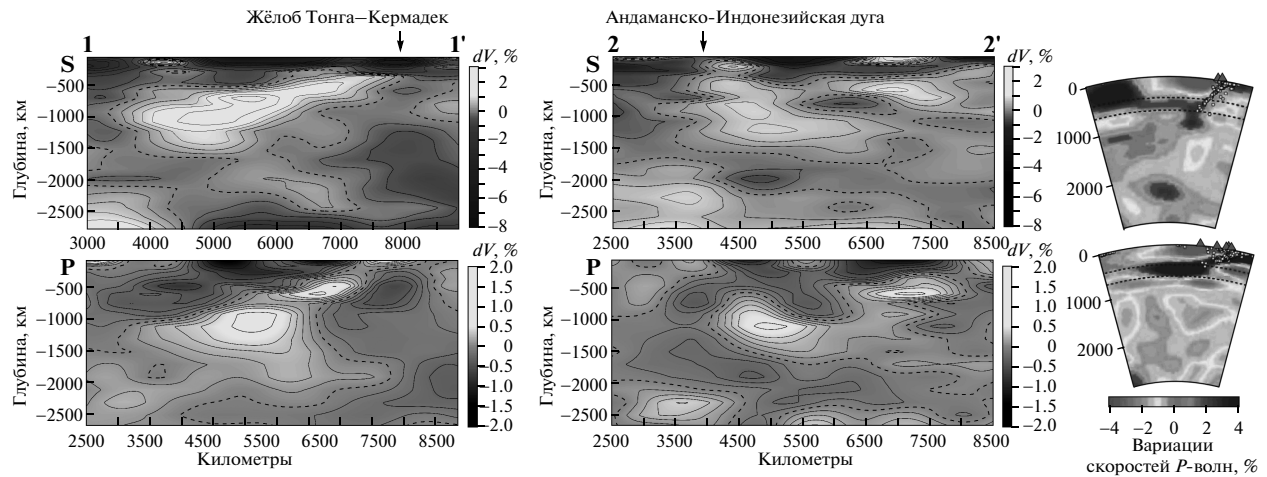


Рис. 3. Сейсмотомографические разрезы мантии по S - и P -волнам через районы Тонга–Кермадек и Индонезия–Филиппины на стыке островодужных систем Индонезийского сегмента Альпийско-Гималайского пояса и запада Тихого океана

Составил С.Ю. Соколов сечением данных глобальной объёмной модели NGRAND и HWE97P [5, 6, 22]. Контуры проведены через 0.5% для S -волн и 0.25% для P -волн, пунктир показывает нулевые значения. Для сравнения представлены профили 20 и 24 через островодужные системы Северо-Востока Азии, составленные по более точным данным локальных сейсмических сетей по P -волнам [23]. Видно выполаживание субдцируемых слэбов на уровне переходного слоя мантии

тизмом, привели к гомогенизации и консолидации верхней части земной коры в тех областях пояса, где этого не произошло раньше, подготовив второй этап горообразования, охватывающий плиоцен-квартер, местами только квартал. Признаками консолидации коры явились: отсутствие крупных плиоцен-четвертичных гранитных массивов; возрастание роли блоковых движений в ущерб складчатым деформациям и то, что продолжающееся сжатие пояса стало реализовываться в основном сдвиговыми смещениями по разломам; локализация вулканизма в ограниченных зонах, нередко связанных со сдвигами. Сформировались сдвиговые системы протяжённостью до нескольких тысяч километров [16, 18] (см. рис. 2).

В последние 5–2 млн. лет скорости вертикальных тектонических движений резко возросли, и высота существовавших к этому времени поднятий как минимум удвоилась, а местами утроилась [16, 20]. Сформировались современные горные системы и высокие плато, в предгорных и межгорных впадинах стала накапливаться грубая моласса (комплекс преимущественно грубообломочных пород). Поднятия были наиболее значительными в Центральной Азии, но проявились и в других частях пояса. При этом в таких областях, как Памир, Гиндукуш, Каракорум, Высокий Загрос происходило общее воздымание горных систем независимо от предшествовавшей структурной дифференциации. Усиление восходящих движений не было связано с ускорением движения плит и усилением коллизионного сжатия, местами интенсивность сжатия уменьшилась. Так, в Альпах и Западных Карпатах коллизия закончилась ещё в среднем миоцене, а горы стали расти в

плиоцене. На Большом Кавказе рост поднятий ускорился в плиоцен-квартере на фоне уменьшения скорости сжатия, фиксируемого как GPS-данными, так и суммированием смещений по активным разломам. Даже там, где сжатие усилилось (Гималаи, Памир, Центральный Тянь-Шань), лишь 20–50% общего поднятия поверхности приходится на поднятие, связанное с утолщением коры при коллизионном сжатии. Поднималось, хотя и слабее хребтов, большинство межгорных впадин, что также нельзя считать проявлением сжатия.

По сейсмологическим и гравиметрическим данным, под высочайшими горными системами Центральной Азии (Гималаи, Тибет, Куньлунь, Памир-Гиндукуш-Каракорумский регион, Центральный и Восточный Тянь-Шань) выявлено разуплотнение верхов мантии; те же признаки обнаружены в гравитационном поле Малого Кавказа (обзор указанных данных приведён в работе [16]). Понижение скоростей сейсмических волн, связанное с подъёмом астеносферы, выявлено под Восточными Карпатами [19]. По расчётам Е.В. Артюшкова, основанным на обнаружении изостатических аномалий до -150 мГал под Тянь-Шанем, такое разуплотнение обеспечивает поднятие поверхности на ≥ 1.1 км, возможно, ≥ 1.5 км [15]. Другим источником разуплотнения стал ретроградный метаморфизм мантийных и близких к ним по плотности высокометаморфизованных протокоровых пород, обусловленный воздействием охлаждённых флюидов [15, 16, 21]. Разуплотнение верхов мантии и низов коры привело к дополнительному подъёму поверхности и формированию современного горного рельефа. На се-

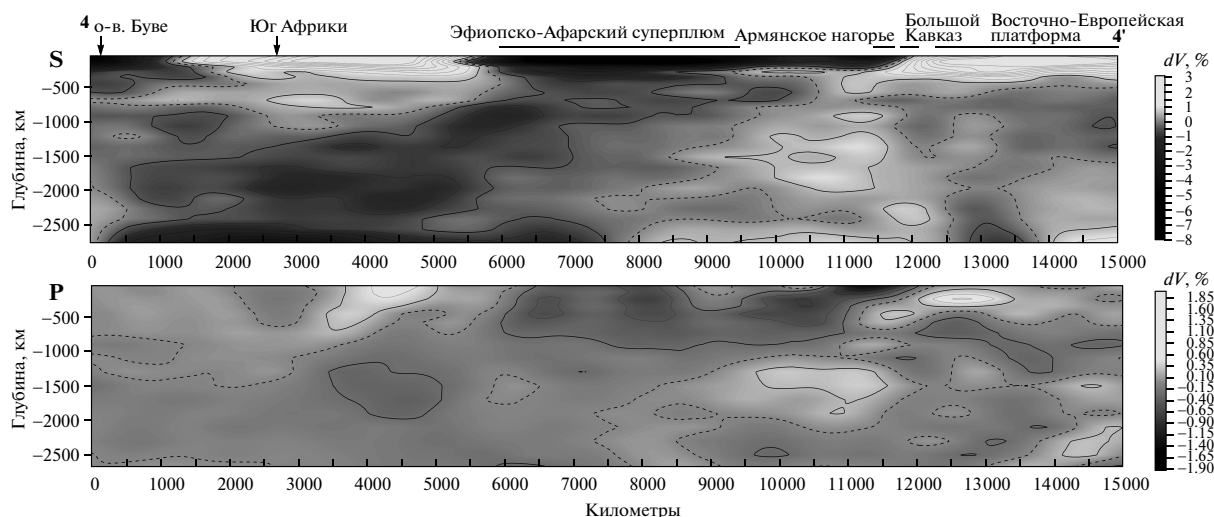


Рис. 4. Сейсмотомографические разрезы мантии по S - и P -волнам через Африканскую платформу, Эфиопско-Афарский суперплюм, Аравийскую плиту и Кавказ до Восточно-Европейской платформы

Составил С.Ю. Соколов сечением данных глобальной объёмной модели NGRAND и HWE97P [5, 6, 22]. Контуры проведены через 0.5% для S -волн и 0.25% для P -волн, пунктир показывает нулевые значения

верном краю пояса (Большой Кавказ, Западный Тянь-Шань), где разуплотнение верхов мантии выявлено лишь локально, разуплотнение высокометаморфизованных протокоровых пород явилось главным фактором усиления горообразования [17].

Для объяснения этих преобразований литосферы, не предусмотренных плит-тектонической теорией, мы проанализировали данные сейсмической томографии мантии, полученные на основе глобальной сейсмологической сети [5, 6, 22]. В Индонезийском сегменте Альпийско-Гималайского пояса нет проявлений второго этапа горообразования и развиты субдукционные структуры, которые на глубинах до 700–800 км переходят в субгоризонтальные высокоскоростные зоны, продолжающиеся под юго-восток Азиатского континента (рис. 3). Подобные выполаживающиеся зоны субдукции были выявлены ранее вдоль периферии Тихого океана на глубинах 400–700 км (по более точным данным локальных сейсмических сетей). И. Фукао с соавторами назвал их стагнирующими слэбами, а Д. Жао — большими мантийными клиньями (big mantle wedges — BMW [23]).

Вероятно, такие же BMW существовали в эпоху субдукции и под более западными горными сегментами Альпийско-Гималайского пояса (Аравийско-Кавказским и Гималайско-Тибетским), но сейчас структура мантии там иная. На субмеридиональном сейсмотомографическом профиле через Африку и Аравийско-Кавказский регион видна обширная область пониженных значений dVs и dVp (величины, характеризующие отклонения от среднестатистических значений скоростей попе-

речных и продольных сейсмических волн соответственно), охватывающая всю мантию (рис. 4). В своей верхней части она занимает территорию от края Африки южнее Мадагаскара до Красного моря, а, будучи наклонённой на юг, на нижнемантийном уровне оказывается своим южным краем под Южной Африкой. Эта структура названа Эфиопско-Афарским суперплюмом. От него на север протягивается верхнемантийный слой с пониженными скоростями сейсмических волн, достигающий Большого Кавказа, под которым он тоньше, чем под Малым Кавказом; наиболее низкие значения dVs отмечены непосредственно под литосферой.

Подобный верхнемантийный слой с пониженными скоростями сейсмических волн прослеживается и на профиле от Эфиопско-Афарского суперплюма через Индийский океан, Индийскую платформу и Высокую Азию (от Тибета до Тянь-Шаня) до палеозойда Казахстана (рис. 5). На профиле dVp этот слой непосредственно подстилает тонкую литосферу Индийского океана, а севернее утончается и погружается до глубин 400–500 км под Индийской платформой, почти редуцируется под югом Тибета и раздувается до глубин 300–800 км под Высокой Азией. Над слоем выделяется область с повышенными скоростями сейсмических волн. На профиле dVp высокоскоростной слой прослеживается от южного края Индийской платформы до северного края Тибета на глубинах 100–300 км, причём максимальная мощность слоя и наибольшие значения dVp зафиксированы под югом Тибета. На профиле dVs высокоскоростной слой протягивается от Индийской платформы до Казахстанско-Западно-

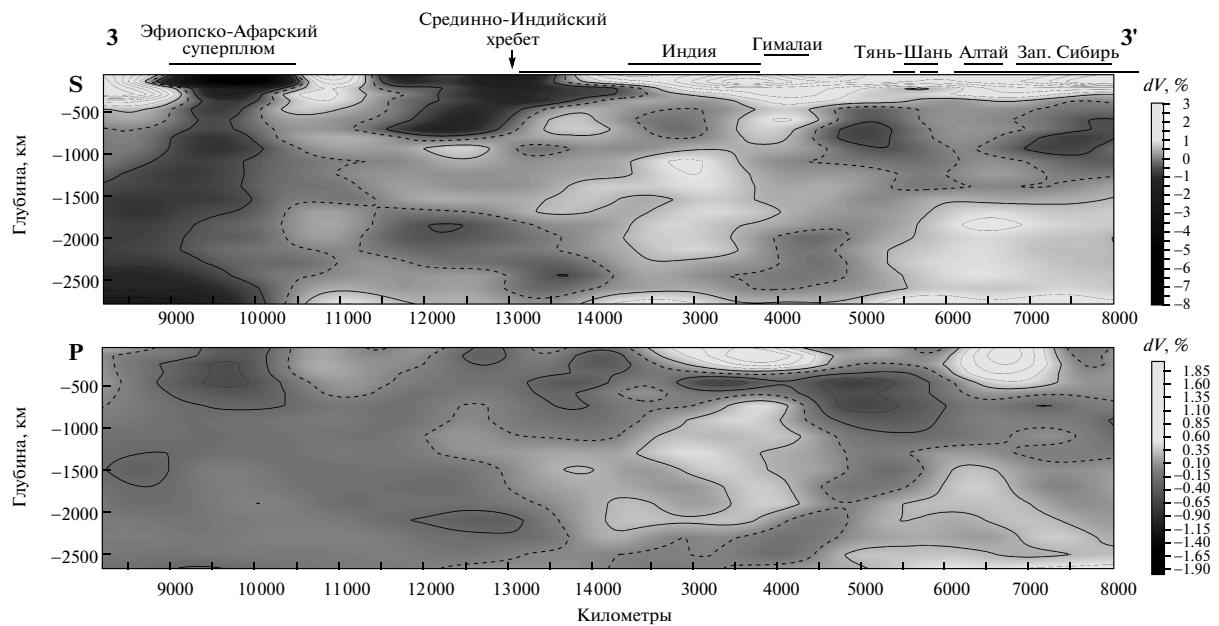


Рис. 5. Сейсмотомографические разрезы мантии по S - и P -волнам от Кении через Срединно-Индийский хребет, Индийскую платформу и Высокую Азию до Западно-Сибирской эпипалеозойской платформы

Составил С.Ю. Соколов сечением данных глобальной объемной модели NGRAND и HWE97P [5, 6, 22]; контуры проведены через 0.5% для S -волн и 0.25% для P -волн, пунктир показывает нулевые значения

сибирской части Евразийской плиты, причём внутри него обособляется линза сильно повышенных значений dVs от Гималаев до северного края Тянь-Шаня. Под югом Тибета (район сутуры Неотетиса – зоны Инда-Цангпо) слой утолщается до 400 км, и под ним на глубинах 600–700 км обособляется ещё одна субгоризонтальная высокоскоростная линза. Возможно, часть утолщённого верхнего слоя и эта линза являются реликтами неотетического слэба, выположенного на глубине.

В описанной сейсмотомографической картине принципиальными представляются два аспекта. Во-первых, в строении мантии Индонезийского сегмента Альпийско-Гималайского пояса, где до сих пор функционируют зоны субдукции, они продолжают примерно на уровне переходного слоя структурами, сходными с BMW. Во-вторых, в более западных сегментах пояса, Гималайско-Тибетском и Аравийско-Кавказском, где субдукция закончилась в интервале от конца эоцена до среднего миоцена с закрытием последних реликтов Неотетиса, общим элементом структуры подлитосферной верхней мантии являются мощные слои с пониженными скоростями сейсмических волн, непрерывно прослеживаемые от Эфиопско-Афарского суперплюма. И если суперплюм традиционно рассматривается как область подъёма глубинного разогретого вещества мантии, то мы интерпретировали эти слои как горячие потоки, распространяющиеся от суперплюма [14]. Сейчас он образует протяжённую

субмеридиональную зону, охватывающую весь пояс вулканических рифтов Восточной Африки и продолжающуюся южнее Мадагаскара. Если принять, что суперплюм занимал близкое к современному положение с конца палеозоя, то оказывавшиеся над ним в разное время части распавшейся Гондваны испытывали рифтинг, перераставший в спрединг, который привёл к образованию и развитию Тетиса. Поток разогретого и обогащённого астеносферного вещества, направленный от суперплюма, ускорял движение отделявшихся гондванских фрагментов на северо-восток в сторону Евразии. Там океанская литосфера Тетиса субдуцировала, а фрагменты Гондваны приключались к Евразии, отчего зоны субдукции перемещались к их тыловым (относительно Евразии) частям. Так на месте будущего Альпийско-Гималайского пояса возникла серия микроплит, разделённых структурно-вещественными проявлениями разных стадий развития Тетиса. По аналогии с современной структурой Индонезийского сегмента пояса можно полагать, что западнее него зоны субдукции Тетиса также переходили в BMW, из которых в итоге образовалась значительная часть переходного слоя мантии под будущим орогенетическим поясом.

С закрытием Тетиса процессы субдукции и формирования BMW сменились коллизией литосферных плит Евразии и гондванского ряда. Это замедлило их сближение, но астеносферные потоки от Эфиопско-Афарского суперплюма, вероятно, продолжили прежнее движение и посте-

пенно распространились под весь орогенический пояс. О том, что это происходило постепенно, по крайней мере, в Аравийско-Кавказском сегменте пояса, свидетельствует отмеченное А.В. Ершовым и А.М. Никишиным омоложение к северу вулканизма, связанного с мантийными источниками. Резкое утонение потока под Большим Кавказом могло быть обусловлено тем, что до среднего миоцена кавказские прогибы Паратетиса пододвигались, по данным М.Г. Леонова, под Малый Кавказ, и субдукция препятствовала проникновению потока к северу.

В процессе движения горячие верхнемантийные потоки перерабатывали прежнюю структуру верхней мантии пояса, включая переходный слой на глубинах 400–700 км, что имело важные геологические последствия. Изучение магматических пород мантийного происхождения свидетельствует о крайне низком содержании воды в магматических источниках, причём оно убывает от зон субдукции к зонам океанского спрединга [13]. Согласно экспериментальным данным, в переходном слое оливин с ромбической сингонией переходит в его разновидности со шпинелевой структурой – вадслеит и глубже рингвудит, и примерно на той же глубине клинопироксен трансформируется в вадслеит и стишовит. Кристаллохимическая структура вадслеита и рингвудита допускает замену части атомов кислорода на гидроксильные группы [24, 25]. Их источником могут быть субдуцируемые слэбы, которые содержат не до конца обезвоженные амфиболиты и метаосадочные породы и переходят в BMW, а также поступления глубинного водорода. На присутствие флюидов на таких глубинах указывают сильное затухание поперечных волн при слабом изменении их скорости [26] и повышенная электропроводимость [27]. Содержание воды в переходном слое может достигать 2–3%, и он рассматривается как основной источник водных флюидов в мантии [28]. Глубже 670–700 км минералы переходного слоя, вероятно, замещаются перовскитоподобными фазами, на долю которых приходится ~80% объёма нижележащей мантии, их водный потенциал значительно ниже.

Прогрев переходного слоя верхнемантийными потоками привёл к отделению содержащихся в нём источников флюидов и их концентрации в самих потоках, что обусловило их активность. Активизированная таким образом астеносфера оказывала воздействие на литосферу пояса, в первую очередь флюидное. В участках локальной декомпрессии возникали магматические очаги, которые в Памиро-Гималайском сегменте пояса проявились в грандиозном гранитообразовании, продолжавшемся до миоцена. Под воздействием подвижных компонентов активизированной астеносферы могли произойти метаморфические преобразования и размягчение литосферы, сле-

вавшее возможной её интенсивную деформацию [29]; усилилось тектоническое расслоение литосферы, обеспечившее большие латеральные перемещения [16]. Деформация коры обусловила возникновение выраженных в рельефе поднятий, как правило, не выше среднегорных.

Ко второму этапу горообразования эти процессы привели к консолидации коры. Под ней астеносферное вещество стало замещать отслоённые и разрушенные фрагменты литосферной мантии [19, 29]. Это выразилось в пониженных усреднённых V_p верхов мантии под всеми горными системами пояса, кроме части Гималайско-Тибетского региона. Понижение средних скоростей можно интерпретировать как утонение литосферы за счёт астеносферы и/или разуплотнение литосферной мантии и низов коры под воздействием астеносферы. Под Высокой Азией, где литосфера наиболее утолщена кайнозойскими деформациями, над слоем пониженных V_p местами сохранился высокоскоростной слой мощностью до 300 км. Частичное замещение литосферной мантии астеносферным веществом и ретроградный метаморфизм мантийных и высокометаморфизованных протоколовых пород под воздействием охлаждённых астеносферных флюидов могли обусловить разуплотнение верхов мантии и низов коры, что дополнило поднятие, вызванное коллизионным сжатием, и стало главным фактором подъёма поверхности, приведшим к формированию современного горного рельефа.

Таким образом, усиление поднятия горных систем в плиоцен-квартере, необъяснимое в рамках плейт-тектонической теории, обусловлено активизацией горячих верхнемантийных потоков, распространившихся от Эфиопско-Афарского суперплюма.

ТЕЧЕНИЕ МАНТИЙНОГО ВЕЩЕСТВА И ПЛЕЙТ-ТЕКТОНИКА

Представленный обзор мезозойско-кайнозойского развития Тетиса и Альпийско-Гималайского орогенического пояса позволил сделать следующие выводы: Эфиопско-Афарский суперплюм является областью восходящего тепломассопереноса из низов мантии; от суперплюма распространялись латеральные верхнемантийные потоки, которые из-за вязкого трения на границе астеносферы и литосферы перемещали литосферные плиты; в условиях коллизии плит, наступившей после закрытия Тетиса, потоки распространились под его северную окраину; обогащение потоков флюидами могло стать причиной активного воздействия астеносферы на литосферу, которое в конечном счёте усилило вертикальные движения и привело к образованию современных горных систем.

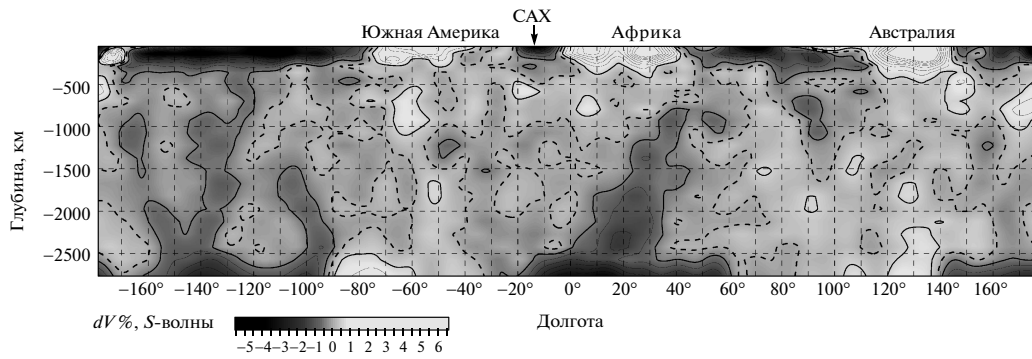


Рис. 6. Сейсмотомографический разрез мантии по S -волнам вдоль 22° ю.ш.

Слева – “ветвистый” Тихоокеанский суперплюм, в центре – Эфиопско-Афарский; от обоих суперплюмов на уровне верхней мантии распространяются латеральные потоки

Составил С.Ю. Соколов сечением данных глобальной объёмной модели NGRAND [17, 19]. Контурные проведены через 0.5%, пунктир показывает нулевые значения; САХ – Срединно-Атлантический хребет

В других орогенических поясах Земли также отмечено усиление восходящих движений в плиоцен-квартере [20, 21, 29]. Чтобы понять, насколько применима к другим регионам предложенная модель, рассмотрим современные обоснования восходящих, латеральных и нисходящих ветвей мантийной конвекции.

У. Морган ввёл в геологический обиход понятие мантийных плюмов – струй вещества и тепла, восходящих из нижней мантии, проплавливающих литосферные плиты и проявляющихся на поверхности вулканизмом (“горячими точками”). Эта идея подверглась критике [1, 3]. О.Г. Сорохтин [1] подчеркнул, что она несовместима с концепцией мантийной конвекции как причины движения плит. Тем не менее идея плюмов как источника внутриплитного магматизма получила признание геологов [4].

Имеющиеся геохимические данные не содержат признаков магмообразования глубже 700 км [2]. Это не доказывает, что материал не может поступать с больших глубин, и означает лишь, что

если он поступает, то теряет метки прежней глубинности в результате переработки. Поэтому единственным источником сведений о течении вещества в нижней мантии могут служить данные сейсмической томографии. С их помощью помимо Эфиопско-Афарского выявлено ещё несколько суперплюмов, прослеживаемых от низов мантии. Крупнейшим из них является меридионально вытянутый Тихоокеанский суперплюм, разделяющийся кверху на несколько струй (рис. 6). Он не достигает литосферы, переходя в верхнемантийные потоки, распространяющиеся на восток до зон спрединга Восточно-Тихоокеанского поднятия. Меньший по площади восходящий поток проектируется на район островов Зелёного мыса западнее Африки. Он также теряет свою обособленность в верхней мантии, переходя в латеральный поток, который распространяется на запад и достигает рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта. На севере Атлантики выделен подобный поток, наклонённый на восток и достигающий поверхности в районе Исландии (рис. 7). Кроме этих и немногих других подобных

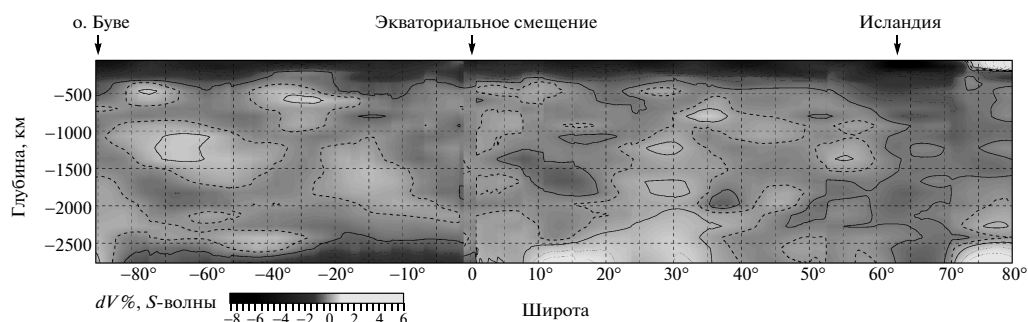


Рис. 7. Сейсмотомографический разрез мантии по S -волнам вдоль Срединно-Атлантического хребта

Справа выделяется Исландский суперплюм; под другими частями хребта область с пониженными скоростями сейсмических волн, охватывающая низы литосферы и верхи подлитосферной мантии, вырождается на глубинах до 200–300 км

Составил С.Ю. Соколов сечением данных глобальной объёмной модели NGRAND [5, 22]. Контурные проведены через 0.5%, до 1% через 0.3%. Пунктир показывает нулевые значения, жирные сплошные изолинии – пределы $\pm 0.3\%$

сквозных структур, менее чётко выраженных пониженными скоростями сейсмических волн, не обнаружено иных признаков сквозмантийных восходящих ветвей конвекции. Полагаем, что именно обнаруженные суперплюмы служат их проявлениями.

Согласно сейсмотомографическим данным, от суперплюмов распространяются латеральные верхнемантийные потоки. Из-за вязкого трения между астеносферой и литосферой потоки перемещают литосферные плиты. Расположение зоны спрединга над суперплюмом — скорее, исключение, чем правило. На профиле вдоль Срединно-Атлантического хребта выделяется только Исландский суперплюм, тогда как “горячие” области под остальными частями зоны спрединга, отчётливо выраженные на уровне литосферы и верхов астеносферы, исчезают на глубинах до ~200–300 км (см. рис. 7). Зарождение зон спрединга обусловлено неоднородностью литосферы и существованием в ней ослабленных зон. Формирование магматических очагов, извергающих базальты в зонах спрединга, не связано с глубинными плюмами, оно является реакцией на расхождение плит из-за их неравномерного сцепления с движущимся верхнемантийным потоком и вызвано адиабатическим плавлением верхов подлитосферной мантии и литосферы при растяжении, поэтому эти очаги неглубоки.

Большинство обследованных зон субдукции полностью или частично преобразуются в субгоризонтальные BMW на уровне переходного слоя мантии. Их изучение на Северо-Востоке Азии привело исследователей к выводу о существовании связанной с ними верхнемантийной конвекции, вызывающей подъём мантийных диапиров и внутриплитный вулканизм [2, 4, 23]. Конвективные перемещения верхней мантии могли вызвать деформационное утолщение земной коры края континента, которое в сочетании с её разуплотнением под действием флюидов, поступавших из BMW, обусловило поднятие современных горных систем [21]. В Альпийско-Гималайском поясе, как показано выше, переработка флюидонасыщенных BMW подлитосферными потоками от Эфиопско-Афарского суперплюма активизировало эти потоки, и их воздействие привело к разуплотнению верхов мантии и низов коры, что вызвало усиление поднятий и горообразование. Данные процессы наиболее ярко проявились в Центральной Азии, где литосфера была особенно сильно утолщена коллизионными деформациями и обогащена реликтами прежней океанской литосферы Тетиса. В Средиземноморской части пояса, где литосфера сохранила значительные неоднородности, поднятие горных хребтов сочеталось с опусканием впадин. Их происхождение связывают с мантийным диапиризмом, который, в свою очередь, также определяется латеральными

верхнемантийными потоками. С ними же могут быть связаны и некоторые частные особенности новейшей тектоники Альпийско-Гималайского пояса, например, аномально быстрое движение Анатолийской плиты и повышенный вулканизм Армянского нагорья [16], а также внутриконтинентальные мантийные сейсмофокальные зоны типа очагов Гиндукуша и Вранча [30], не нашедшие удовлетворительного плейт-тектонического объяснения.

Если учесть, что большинство зон субдукции преобразуется на уровне переходного слоя мантии в BMW, погружение оставшихся порций субдуцируемых слэбов в нижнюю мантию едва ли полностью компенсирует прирост литосферы в зонах спрединга. Вероятно, погружение слэбов дополняется погружением высокометаморфизованных и потому уплотнённых фрагментов литосферы под зонами коллизии и древними ядрами континентов. На возможность таких процессов указывают объёмы горных масс со слабо повышенными скоростями сейсмических волн под зонами коллизии и древними ядрами континентов ниже переходного слоя мантии (см. рис. 4, 5, 6).

Итак, намечается более общая по сравнению с плейт-тектоникой тектоническая модель, которую назовём *тектоникой мантийных течений*. Источником движения плит является течение верхнемантийного вещества в рамках общемантийной конвекции. Её восходящие ветви выражены мантийными суперплюмами, а нисходящие охватывают не только часть субдуцируемых слэбов, но и некоторые области под зонами коллизии и древними континентами. Разрыв и раздвигание плит в одних местах и погружение части литосферы в других происходят из-за различий в скоростях и направлении верхнемантийных потоков и их интерференции.

Плейт-тектоника — не единственный результат верхнемантийных течений. Её дополняют тектонические процессы, обусловленные фазовыми минеральными преобразованиями мантийных и коровых пород, развитием больших мантийных клиньев и связанной с ними флюидонасыщенностью переходного слоя мантии. Таким образом, тектоническая модель мантийных течений, целиком вмещающая теорию тектоники литосферных плит, даёт интерпретацию ряда не объяснённых этой теорией геологических фактов, в частности, усиления вертикальных движений и горообразовательных процессов в плиоцен-квартере.

Исследования проводились при поддержке Программы № 6 Отделения наук о Земле РАН, Программы № 4 Президиума РАН и грантов РФФИ № 11-05-00628-а и 14-05-00122.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. М.—Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2007.
2. Иванов А.В. Внутриконтинентальный базальтовый магматизм (на примере мезозоя и кайнозоя Сибири). Автореф. дисс. доктора геол.-минерал. наук. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011.
3. Hamilton W.B. An Alternative Earth // GSA Today. 2003. V. 3. P. 4–12.
4. Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Богатилов О.А. Геодинамическое положение новейшего вулканизма Северной Евразии // Геотектоника. 2009. № 5.
5. Grand S.P., van der Hilst R.D., Widiyantoro S. Global seismic tomography: A snapshot of convection in the Earth // GSA Today. 1997. V. 7. P. 1–7.
6. Van der Hilst R.D., Widiyantoro S., Engdahl E.R. Evidence of deep mantle circulation from global tomography // Nature. 1997. V. 386. P. 578–584.
7. Пейве А.В. Геология сегодня и завтра // Природа. 1977. № 6.
8. Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования / Под ред. Пушаровского Ю.М. и Трифонова В.Г. М.: Наука, 1990.
9. Трифонов В.Г. Неотектоника и современные тектонические концепции // Геотектоника. 1987. № 1.
10. Лобковский Л.И. Геодинамика зон спрединга, субдукции и двухъярусная тектоника плит. М.: Наука, 1988.
11. Gordon R.G. The plate tectonic approximation: Plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 1998. V. 26. P. 615–642.
12. Kozhurin A.I. Active faulting at the Eurasian, North American and Pacific plates junction // Tectonophysics. 2004. V. 380. P. 273–285.
13. Green D.H., Hibberson W.O., Kovács I., Rosenthal A. Water and its influence on the lithosphere-asthenosphere boundary // Nature. 2010. V. 467. P. 448–451.
14. Соколов С.Ю., Трифонов В.Г. Роль астеносферы в перемещении и деформации литосферы (Эфиопско-Афарский суперплюм и Альпийско-Гималайский пояс) // Геотектоника. 2012. № 3.
15. Трифонов В.Г., Артюшков Е.В. и др. Плиоцен-четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане // Геология и геофизика. 2008. Т. 49 (2). С. 128–145.
16. Трифонов В.Г., Иванова Т.П., Бачманов Д.М. Новейшее горообразование в геодинамической эволюции центральной части Альпийско-Гималайского пояса // Геотектоника. 2012. № 5.
17. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu. Late Cenozoic tectonic uplift producing mountain building in comparison with mantle structure in the Alpine-Himalayan Belt // Intern. J. of Geosciences. 2014. V. 5. P. 497–518. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2014.55047>
18. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: ГЕОС, 2002.
19. Артюшков Е.В. Физическая тектоника. М.: Наука, 1993.
20. Ollier C.D. Mountain uplift and the Neotectonic period // Annales of Geophysics. 2006. Supplement to V. 49 (1). P. 437–450.
21. Артюшков Е.В. Новейшие поднятия земной коры как следствие инфильтрации в литосферу мантийных флюидов // Геология и геофизика. 2012. № 6.
22. Becker T.W., Boschi L. A comparison of tomographic and geodynamic mantle models // Geochemistry Geophysics Geosystems G³. 2002. V. 3 (January 10). <http://www.geophysics.harvard.edu/geodyn/tomography/>
23. Жао Д., Пирайно Ф., Лу Л. Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика. 2010. № 9.
24. Jacobsen S.D., Demouchy S., Frost J.D., et al. A systematic study of OH in hydrous wadsleyite from polarized FTIR spectroscopy and single-crystal X-ray diffraction: Oxygen sites for hydrogen storage in Earth’s interior // Amer. Mineral. 2005. V. 90 (1). P. 67–70.
25. Smyth J.R. A crystallographic model for hydrous wadsleyite: An ocean in the Earth’s interior? // Amer. Mineral. 1994. V. 79. P. 1021–1025.
26. Lawrence J.F., Wyssession M.E. Seismic evidence for subduction transported water in the Lower Mantle // Earth deep water cycle. Geophys. Monograph Series. 2006. V. 168. P. 251–261.
27. Kelbert A., Schultz A., Egbert G. Global electromagnetic induction constraints on transition-zone water content variations // Nature. 2009. V. 469. P. 1003–1006.
28. Отани Э., Чжао Д. Роль воды в глубинных процессах в верхней мантии и переходном слое: дегидратация стагнирующих субдукционных плит и её значение для “большого мантийного клина” // Геология и геофизика. 2009. № 12.
29. Артюшков Е.В. Резкое размягчение континентальной литосферы как условие проявления быстрых и крупномасштабных тектонических движений // Геотектоника. 2003. № 2.
30. Trifonov V.G., Ivanova T.P., Bachmanov D.M. Vrancea and Hindu Kush areas of mantle earthquakes: comparative tectonic analysis // Thessaloniki: Aristotle Univ. Sci. Annals of the School of Geology. 2010. V. 99. P. 51–56.

DOI: 10.7868/S0869587315050047

Рынок энергоносителей играет ключевую роль в развитии не только российской, но и мировой экономики. Без понимания механизмов формирования спроса и предложения на энергоресурсы невозможна разработка реалистических стратегий, средне- и краткосрочных планов. Анализ динамики цен на нефть за последние годы позволяет выявить основные регуляторы рынка, за влиянием которых необходимо следить сегодня — в период падения нефтяных котировок, крайне отрицательно сказывающегося на финансовом благополучии стран-экспортёров. Не теряют своей актуальности и прогнозы, фиксирующие долгосрочные тенденции, которые будут определять облик мировой экономики в ближайшие десятилетия.

ПРОБЛЕМЫ МИРОВОГО НЕФТЯНОГО РЫНКА

Д.И. Кондратов

В конце 2011 г. — середине 2012 г. произошло мощное повышение цен на глобальном энергетическом рынке (рис. 1), что вызывало немалую озабоченность в связи с возможным негативным воздействием этой тенденции на темпы роста мировой экономики, не восстановившейся после мирового финансового кризиса 2007–2009 гг. Сложившаяся ситуация, по мнению зарубежных учёных, была сравнима с нефтяными шоками 1973 и 1979 гг. Однако в отличие от предыдущих циклов, когда ОПЕК искусственно создавала дефицит нефти, ограничивая предложение, в основе повышения цен в период с 2004 по 2008 г. лежал шок спроса. С одной стороны, цену подталкивал вверх рост мировой экономики, в частности, высокие темпы роста стран с формирующейся рыночной экономикой, в первую очередь Китая и Индии, с другой — у производителей нефти не хватало мощностей для обеспечения потребностей экономики из-за недостаточных инвестиций в отрасль в 1990-е годы, что было обусловлено предшествующим периодом низких цен на нефть, а также напряжённостью во многих стра-

нах-производителях (Ирак, Иран, Венесуэла, Нигерия, Саудовская Аравия) [1, р. 94–98].

По прогнозам специалистов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), составленным в 2012–2013 гг., высокие цены на нефть должны были сохраниться вплоть до конца 2019 г. Однако уже тогда отмечалось, что в дальнейшем, по мере запуска новых месторождений, освоение которых началось в 2000-е годы, совершенствования технологий получения сланцевого газа и нефти из битуминозных песков, расширяющегося применения альтернативных источников энергии, а также общего сокращения энергоёмкости мирового хозяйства, дефицит энергоносителей, скорее всего, будет преодолён, и их стоимость может начать снижаться. Ввиду этих обстоятельств странам-экспортёрам энергоресурсов рекомендовалось максимально эффективно использовать период высоких цен на топливо для осуществления диверсификации национальной экономики и формирования мощных финансовых резервов, которые позволили бы относительно безболезненно адаптироваться к возможному сокращению нефтегазовых доходов. Ошибочность прогнозов в отношении сроков наступления периода низких цен заставляет ещё раз обратиться к тем данным, на которые опирались разрабатывавшие их эксперты.



КОНДРАТОВ Дмитрий Игоревич — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономики РАН. dmikondratov@yandex.ru

ДИНАМИКА ЦЕН, СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА МИРОВОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ

Глобальный энергетический рынок, включающий в себя тесно интегрированные национальные и международные рынки нефти, нефтепродуктов, природного газа, электроэнергии и ряда

других видов энергоресурсов, представляет собой один из ключевых элементов современного мирового хозяйства. Его конъюнктура в значительной степени определяет динамику глобального экономического роста, а также оказывает заметное воздействие на многие происходящие в мире политические и социальные процессы.

Мировой энергетический рынок в 2000-е годы (за исключением кризисного 2009 г.) активно рос благодаря увеличению численности населения планеты и наращиванию масштабов мирового производства, стимулировавших глобальный спрос на энергоресурсы (рис. 2). По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2001–2011 гг. общий объём энергопотребления в мире увеличился на 26,8% — до 12 млрд. т нефтяного эквивалента (н.э.), при этом в 2011 г. был отмечен наиболее значительный за последние 30 лет прирост потребления энергоресурсов, составивший 5,6%. Основной вклад в рост глобального потребления энергоресурсов в 2000-е годы внесли ведущие развивающиеся страны, переживавшие период бурного экономического подъёма. В то же время во многих развитых государствах энергопотребление оставалось на стабильном уровне или даже снижалось благодаря предпринимаемым мерам в области энергосбережения. Так, в Великобритании в 2001–2011 гг. энергопотребление сократилось на 7,8%, в Германии — на 5,7%, в Японии и Франции — на 2,3%. Наиболее активно в последние годы энергопотребление росло в Китае, чему способствовали быстрые темпы прироста его ВВП, устойчивое повышение уровня жизни населения и стремительное расширение национального автопарка [2, р. 27; 3, р. 15–17; 4, р. 205; 5, р. 30]. В 2001–2011 гг. объём энергопотребления в стране увеличился в 2,3 раза, что позволило КНР обогнать по этому показателю США: в 2012 г. на Китай приходилось 20% общего объёма глобального энергопотребления, на США — 19% [6, р. 159]. В пятёрку крупнейших государств — потребителей энергоресурсов также входят Индия, Япония и Россия, использующая значительное количество энергии в силу климатических особенностей и низкой энергоэффективности экономики (по энергоёмкости ВВП Россия уступает практически всем ведущим развитым и развивающимся странам в 2,5–3 раза).

Основным используемым в мире видом топлива в 2000-е годы оставалась нефть, хотя её доля в глобальном потреблении первичных энергоресурсов сократилась с 38,4% в 2005 г. до 33,4% в 2012 г. Доля угля, напротив, возросла с 25,2% до 29,6%. Что касается природного газа, гидроэлектрэнергии и атомной энергии, то их вклад в мировое энергопотребление за рассматриваемый период почти не изменился: 23,5 и 24%, 6,5 и 6,6%, 6,3 и 5,2% соответственно [6, р. 161]. Наиболее высока доля нефти в структуре энергопотреб-

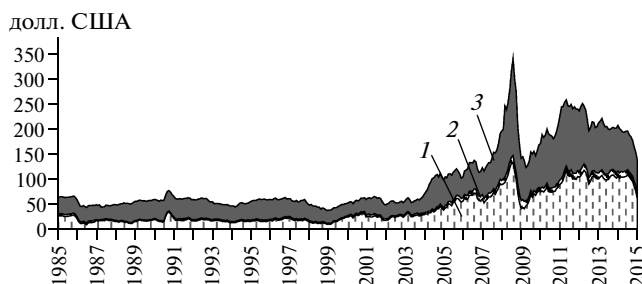


Рис. 1. Динамика цен на нефть (1, долл./барр.), газ (2, долл./1 тыс. м³) и уголь (3, долл./т), 1985–2015 гг., данные на январь каждого года

Источник: Организация экономического сотрудничества и развития (<http://stats.oecd.org/index.aspx?>) и International Financial Statistics, 2012.

ления ведущих развитых стран ОЭСР, а также развивающихся стран-нефтеэкспортёров. Во многих развивающихся странах энергетика по-прежнему базируется на более дешёвом и доступном, хотя и менее приемлемом по соображениям экологической безопасности угле. Так, в Китае его доля во внутреннем энергопотреблении в 2012 г. достигала 70,4, а в Индии — 53%.

Важными отличительными особенностями развития глобального энергетического рынка в последние полтора десятилетия стали активные повышение мировых цен на основные первичные источники энергии — нефть, газ и уголь, а также заметное усиление диапазона их краткосрочных колебаний в рамках долговременного восходящего тренда.

Если общей тенденцией 1980–1990-х годов на международном нефтяном рынке было постепенное снижение цен после их резкого скачка в 1980 г., вызванного революцией в Иране, то с начала 2000-х годов вектор их движения развернулся в сторону роста, особенно ускорившегося в середи-

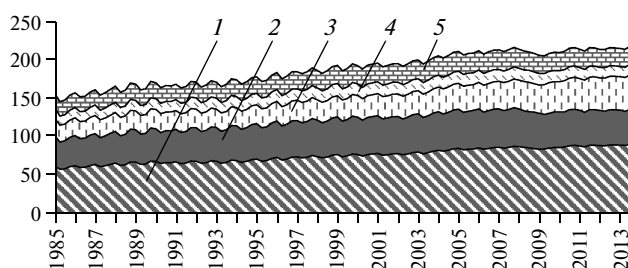


Рис. 2. Потребление нефти и нефтепродуктов, млн. барр./день. 1985–2013 гг.

1 — мир; 2 — страны ОЭСР; 3 — страны, не входящие в ОЭСР; 4 — Европейский союз; 5 — США, Канада, Мексика (страны — участники Североатлантического соглашения о свободной торговле)

Источник: Организация экономического сотрудничества и развития (<http://stats.oecd.org/index.aspx?>) и Международное энергетическое агентство (http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf)

Таблица 1. Баланс мирового спроса и предложения нефти, млн. барр./день, 2000–2013 гг.

Страны	2000	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Спрос										
Страны ОЭСР	48.6	50.1	50.5	50.2	50.1	48.4	46.4	46.9	46.6	46.1
Страны Северной Америки	48.6	25.7	25.9	25.7	25.8	24.5	23.7	24.1	24.1	23.7
Страны Европы	24.3	15.6	15.7	15.8	15.6	15.5	14.7	14.7	14.4	13.8
Страны Азиатско-Тихоокеанского региона	15.3	8.8	8.9	8.7	8.7	8.3	8.0	8.1	8.1	8.5
Страны, не входящие в ОЭСР	8.9	33.1	34.1	35.4	37.0	38.1	39.1	41.2	42.4	43.5
Мир в целом	28.6	83.2	84.5	85.6	87.0	86.5	85.5	88.1	88.9	89.6
Предложение										
Страны ОЭСР	21.8	21.1	20.1	19.8	19.4	18.7	18.8	18.9	18.9	19.7
Страны, не входящие в ОЭСР	16.7	17.7	18.0	18.3	18.5	19.0	19.4	20.2	20.3	33.4
Страны ОПЕК	30.8	33.3	34.8	35.2	35.0	36.1	34.0	34.6	35.7	—
Страны, входившие в состав СССР	8.0	11.4	11.8	12.3	12.8	12.8	13.3	13.5	13.6	13.7
Мир в целом	77.3	83.5	84.8	85.5	85.7	86.7	85.4	87.3	88.4	—

Источник: U.S. Energy Information Administration (<http://www.eia.gov/oiaf/aeo/tablebrowser/#release=EARLY2012&subject=11-EARLY2012&table=19-EARLY2012®ion=0-0&cases=early2012-d121011b>).

не минувшего десятилетия. Подъём цен прервался на достаточно длительный срок только осенью 2008 г., когда обострение глобального кризиса спровоцировало масштабное падение нефтяных котировок, однако уже с весны 2009 г. они вновь стали уверенно расти. При этом в отдельные периоды 2000-х годов повышение нефтяных котировок приобретало скачкообразный характер. Подобное наблюдалось в период с июля по октябрь 2004 г., с апреля по сентябрь 2005 г., а также с февраля по июль 2008 г., когда котировки достигли своего исторического максимума, превысив отметку 130 долл. за баррель. После взлёта цен, как правило, происходил их кратковременный “откат”, после чего взлёт возобновлялся.

Сходная динамика наблюдалась в 2000-е годы на международных рынках газа и угля (см. рис. 1), котировки которых зависят от нефтяных в силу частичной взаимозаменяемости этих видов топлива. Несмотря на отдельные краткосрочные колебания, цены на газ и уголь росли на протяжении 2000-х годов, достигнув своих максимумов в середине 2008 г., после чего последовал их обвал, сменившийся в 2009 г. очередным циклом роста. Так, только за первый квартал 2011 г. нефтяные котировки увеличились почти на 30%, что стало одним из наиболее значительных ценовых скачков в истории нефтяного рынка, а цены на газ, в свою очередь, резко взлетели в январе 2011 г., после чего некоторое время оставались стабильными, однако в апреле 2011 г. последовал их новый рывок.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА МИРОВОМ НЕФТЯНОМ РЫНКЕ

Фундаментальные факторы. Как уже отмечалось, основной причиной быстрого удорожания нефти в минувшем десятилетии, особенно в 2011–2012 гг., был ускоренный рост глобального спроса: в 2000–2012 гг. глобальный спрос на нефть вырос на 14.2% (до 90.5 млн. барр./день), в то время как предложение — только на 12.8% (до 87.4 млн. барр./день).

В отдельные периоды превышение спроса над предложением достигало значительных величин. Например, в 2007 г. разница между этими показателями составила 1.2 млн. барр./день (табл. 1). Данное обстоятельство во многом обусловило быстрое повышение нефтяных котировок в первой половине 2008 г. В период мирового финансового кризиса 2008–2009 гг., сопровождавшегося сокращением потребления энергоресурсов, глобальное предложение нефти незначительно превысило спрос на неё, однако уже в 2010 г. их saldo вновь стало отрицательным, составив почти 1 млн. барр./день.

Дальнейшая динамика нефтяных цен во многом зависит от состояния Китая, Индии и ряда других развивающихся стран, экономический рост которых будет стимулировать повышение мирового спроса на нефть. Нарастанию глобального производства нефти могут препятствовать, во-первых, постепенное истощение многих крупных месторождений, открытых в 1960–1970-е годы в США, Мексиканском заливе, Северном море, Западной

Сибири и других регионах, с падением объёмов нефтедобычи в среднем на 4–4.5% в год, во-вторых, политика стран-производителей нефти, ограничивающих у себя в силу различных причин текущие объёмы нефтедобычи, а также капиталовложения в неё.

Ещё одним существенным фактором удорожания нефти в последние годы стало значительное повышение себестоимости её добычи. По оценкам Cambridge Energy Research Associates, в 2000–2012 гг. индекс капитальных затрат, необходимых для реализации диверсифицированного портфеля из 28 инвестиционных проектов в области нефтедобычи, вырос в 2.1 раза, индекс операционных затрат — в 1.7 раза (рис. 3, а, б). Росту издержек, закладываемых в цену конечного продукта — нефти, способствовали прежде всего:

- отмеченное выше постепенное истощение ряда крупных зрелых нефтяных провинций, повышающее затраты на их дальнейшую эксплуатацию и развитие;
- удорожание основных статей капитальных и увеличение текущих затрат, связанных с нефтедобычей, в частности оборудования, металлопродукции, электроэнергии, рабочей силы;
- рост затрат на снижение негативного воздействия нефтедобычи на экологию.

Как показали события 2014 г., снижение спроса на “чёрное золото” со стороны развивающихся стран и расширение его предложения, в частности, за счёт увеличения её производства на новых месторождениях, освоение которых началось в 2000-х годах, совершенствования технологий глубоководной добычи нефти и её получения из битуминозных песков, вызвали изменение соотношения спроса и предложения и всей конъюнктуры глобального нефтяного рынка.

Дестабилизации ситуации в странах Ближнего Востока. На фоне падения нефтяных цен не стоит забывать ещё об одном факторе усиления дефицита нефти, а значит, роста мировых цен на неё в 2011–2012 гг. — резкой дестабилизации политической обстановки в ряде нефтедобывающих стран Ближнего Востока. История нефтяного рынка знает немало примеров, когда обострение политической обстановки в Ближневосточном регионе кардинально изменяло рыночную конъюнктуру, провоцируя мощные скачки нефтяных цен [7, р. 14; 8, р. 120]. Так было, в частности, в 1973 г. (египетско-израильская война “судного дня”, вызвавшая первый нефтяной кризис), в 1980 г. (революция в Иране), в 1990 г. (иракское вторжение в Кувейт) [9, р. 20; 10, р. 1370; 11, р. 480]. В феврале 2011 г. началась гражданская война в Ливии, а в марте была начата военная операция НАТО против режима М. Каддафи. Весной 2011 г. политическими волнениями разной силы оказались охвачены и другие арабские страны, включая Египет, Сирию, Оман, Алжир.

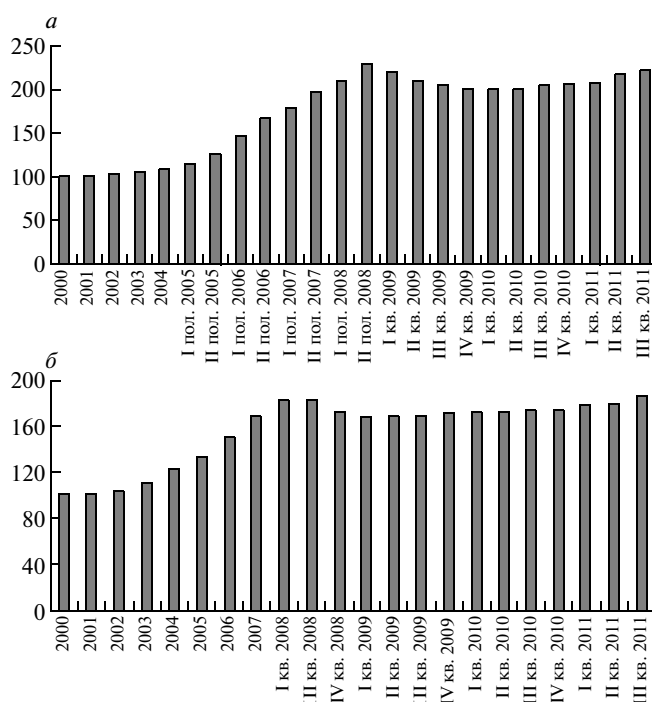


Рис. 3. Индексы капитальных (а) и операционных затрат (б), 2000–2011 гг.

Источник: Cambridge Energy Research Associates (<http://www.ihc.com/info/cera/ihcindexes/index.aspx>)

Особую угрозу для стабильности глобального нефтяного рынка представляла эскалация военных действий в Ливии — крупной нефтедобывающей стране, на которую приходится около 2.3% мирового производства “чёрного золота” и 3.1% его экспорта [12, р. 6]. Ливия имеет огромный потенциал для превращения в нефтяную сверхдержаву: до революции в стране добывалось 1.66 и экспортировалось 1.5 млн. барр./день, однако в августе 2011 г. добыча составила всего 60 тыс. барр./день (до прихода М. Каддафи к власти в 1969 г. Ливия добывала около 3 млн. барр./день). Сложившаяся ситуация оказала негативное влияние на мировые поставки нефти, особенно в Европу (доля Ливии в западноевропейском импорте “чёрного золота” составляла 7.4%) [13, с. 5]. По данным U.S. Energy Information Administration, в 2012 г. по сравнению с 2008 г. в результате военных действий в Ливии глобальное предложение нефти со стороны стран ОПЕК сократилось примерно на 1 млн. барр./день. Начало войны в Ливии заметно ускорило ценовое rally на нефтяном рынке, позволив котировкам в феврале 2011 г. легко преодолеть отметку в 100 долл./барр.

Другие арабские страны, в которых зимой и весной 2011 г. происходили массовые волнения, не относятся к числу ведущих поставщиков нефти и не оказывают существенного воздействия на конъюнктуру этого рынка [12, р. 48; 14, р. 50]. Вместе с тем обострение обстановки в этих госу-

дарствах существенно повысило риски распространения беспорядков на крупные нефтедобывающие государства Ближнего Востока, включая Саудовскую Аравию и Иран, что оказывало, пусть и косвенное, влияние на мировой рынок. Выстраивание новой устойчивой политической конфигурации на Ближнем Востоке может затянуться до 2025 г., поэтому данные риски будут сохраняться на протяжении долгого времени. Одним из наиболее очевидных последствий может стать замедление динамики инвестиций в нефтяные проекты в странах региона, и это в перспективе чревато сокращением предложения нефти на мировом рынке [15, p. 170].

Финансовые спекуляции. Если соотношение глобального спроса и предложения, зависящее от макроэкономических и политических факторов, как правило, задаёт долгосрочную тенденцию изменения цен на нефть, то кратко- и среднесрочная динамика её котировок в значительной степени определяется поведением участников международного биржевого рынка нефти — ключевого элемента системы ценообразования в мировой торговле “чёрным золотом”. Особое значение имеют действия операторов биржевого рынка нефтяных деривативов, на котором устанавливаются котировки фьючерсов на наиболее ликвидные, маркерные сорта (например, Brent и WTI), используемые как ориентиры при определении экспортных цен на другие сорта нефти, в том числе российскую Urals. По мнению аналитиков, рынки нефтяных деривативов превратились в последние годы в арену финансовых спекуляций, чем во многом объясняется взрывной характер роста нефтяных котировок в отдельные периоды 2000-х годов и в начале 2012 г., а также резкое усиление их волатильности.

Основные виды нефтяных деривативов (фьючерсы и опционы) представляют собой стандартизированные биржевые контракты на поставку определённого количества базисного актива в установленный срок в будущем. Данные контракты торгуются на биржах по ценам, отражающим ожидания участников рынка относительно стоимости нефти на дату исполнения контрактов. Биржевые котировки фьючерсов и опционов ежедневно изменяются в зависимости от развития ситуации на глобальном нефтяном рынке, что позволяет их владельцам зарабатывать на этих колебаниях, так же, как и на изменениях стоимости традиционных финансовых активов, в частности акций [16, p. 420].

Большая часть биржевого оборота сегодня приходится на беспоставочные (финансовые) деривативы, по которым не предлагается физической передачи нефти от продавца к покупателю (если в 1990-х годах сделки с физической нефтью составляли примерно 30% объёмов торгов, то сейчас, по различным оценкам, не более 1%).

С развитием торговли беспоставочными производными инструментами (“бумажной” нефтью) глобальный нефтяной рынок стал всё более обретать черты финансового, а не сырьевого рынка, со свойственными современным рынкам капитала особенностями, в том числе значительной долей обращающегося на них спекулятивного капитала [17, p. 85].

Ключевое значение на рынке нефтяных деривативов имеют две группы участников — хеджеры и спекулянты. К первым обычно относятся нефтяные компании и трейдеры, использующие деривативы в качестве инструмента управления (хеджирования) рисками, связанными с возможными колебаниями цен на нефть. Спекулятивными операциями на рынке нефти занимаются инвестиционные банки, различные фонды, включая индексные и хеджевые, а также другие финансовые инвесторы, основная деятельность которых не связана с производством и торговлей нефтью как таковой. Спекулянты работают на рынке нефтяных деривативов по тем же принципам, что и на рынках ценных бумаг или валют, открывая длинные позиции на покупку нефти в расчёте на то, что цены на неё будут повышаться, и короткие позиции, если ожидается снижение котировок. Наибольшую активность спекулянты проявляют в периоды устойчивого подъёма или сжатия глобального нефтяного рынка, когда создаются благоприятные условия для игры на повышение или понижение котировок. При этом своими операциями финансовые инвесторы раскачивают конъюнктуру рынка, способствуя ускоренному росту или снижению нефтяных цен. В целом деятельность финансовых инвесторов способствует деформации механизмов рыночного ценообразования, и стоимость нефти оказывается всё в большей степени зависящей от поведения операторов биржевого рынка, а не от фундаментальных факторов, в том числе соотношения глобального спроса и предложения [18, p. 290].

Приток финансового капитала на нефтяной рынок стал быстро нарастать начиная с 2004 г., чему способствовал уверенный рост глобального спроса на нефть, создавший возможность игры на повышение котировок. Важную роль сыграло и то обстоятельство, что в 2003 г. администрация США разрешила американским пенсионным фондам и страховым компаниям — двум крупнейшим категориям институциональных инвесторов — вкладывать средства в нефтяные деривативы, не обеспеченные физическими поставками нефти. В результате доля спекулянтов на биржевом рынке деривативов, составлявшая в начале 2000-х годов 22–25%, к середине 2012 г. достигла 40–45%.

Результатом масштабного прихода финансовых инвесторов стало быстрое увеличение объёмов биржевых торгов нефтяными деривативами. Так, количество открытых фьючерсных и опци-

онных контрактов на поставку сырой нефти сорта WTI на Нью-Йоркской товарно-сырьевой бирже (NYMEX) в период с 2004 г. по 2008 г. увеличилось почти в 4 раза — до 3 млн. единиц. Особенно активизировался приток спекулятивного капитала на нефтяной рынок в первой половине 2008 г., стимулируя резкий подъём мировых цен на нефть, достигших в середине указанного года своих исторических максимумов. Характерно, что летом 2008 г. доля финансовых инвесторов в биржевой торговле деривативами также находилась на наивысшем за все предыдущие годы уровне — 55%.

Обвал нефтяных цен осенью—зимой 2008 г. также был связан прежде всего с действиями финансовых инвесторов, большинство из которых на фоне нарастания глобального экономического кризиса, а также обострения проблем с ликвидностью значительно сократили вложения в нефтяные деривативы, способствуя резкому падению их котировок и схлопыванию ценового пузыря. Кроме того, изменился характер спекулятивных операций: от игры на повышение стоимости нефти многие инвесторы перешли к игре на понижение. Так, по данным Комиссии по торговле товарно-сырьевыми фьючерсами США, если в начале 2008 г. общий объём чистых длинных позиций, открытых спекулянтами на NYMEX в расчёте на удорожание нефти, составлял в среднем 70—80 тыс. контрактов, то во второй половине года они ушли в короткие позиции, чистый объём которых в начале ноября 2008 г. достиг 53 тыс. контрактов.

Ситуация, складывавшаяся на рынке нефтяных деривативов в конце 2011 — начале 2012 г., во многом напоминала картину первой половины 2008 г. Биржевой оборот фьючерсов и опционов в декабре—апреле увеличился на 20%, до 2961 тыс. открытых контрактов. При этом финансовые инвесторы активно играли на повышение цен на нефть, поддерживая на рекордном за последние годы уровне чистые длинные позиции (336 тыс. контрактов в апреле 2012 г.). Одним из ключевых факторов в такой игре выступал резкий рост политической напряжённости в нефтедобывающих странах Ближнего Востока и Северной Африки, подогревавший у инвесторов ожидания дальнейшего роста котировок “чёрного золота”.

Проблемы снижения уровня волатильности цен на нефть и обеспечения стабильного развития мирового нефтяного рынка за счёт ограничения взаимосвязей между его физическим и финансовым сегментами в последнее время неоднократно поднимались в рамках различных международных форумов, в том числе саммитов G8 и G20. Материалы этих форумов свидетельствуют, что в мире нарастает консенсус относительно необходимости усиления регулирования нефтяного рынка с целью ограничения масштабов деятельности биржевых спекулянтов. Однако решение этой задачи

потребуется существенной перестройки сложившейся в последние десятилетия системы биржевого ценообразования на нефть и другие виды ископаемого топлива, что едва ли может быть решено в сжатые сроки. Тем самым роль спекулятивного фактора в определении рыночной стоимости нефти в ближайшие годы, по всей видимости, останется заметной.

Последствия роста цен на энергоносители для глобального экономического роста многими экспертами определялись как негативные, а их снижение, следовательно, рассматривается как условие оздоровления мировой экономики. При вынесении оценок стоит учитывать два обстоятельства. Во-первых, вследствие широкого внедрения ресурсосберегающих технологий мировая и европейская экономика в последние годы стала менее энергоёмкой. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), только в 2001—2008 гг. потребление энергии, в том числе получаемой из нефти, на единицу произведённого ВВП сократилось в среднем по миру на 26%, в странах, входящих в ОЭСР, — на 37%. Благодаря этому практически во всех странах доля затрат, связанных с использованием нефти, в структуре национального ВВП существенно снизилась, составив в 2012 г. порядка 2—3% в развитых странах и около 4—5% в развивающихся. Поэтому зависимость роста внутреннего производства отдельных государств, а вместе с ним и глобального ВВП от уровня цен в 2012 г. была уже не столь велика, как, например, в 1970—1980-е годы.

Во-вторых, большинство ведущих развивающихся стран, выступивших в последние годы основными двигателями глобального экономического роста, являются крупными производителями энергоресурсов. Они располагают ёмкими внутренними энергетическими рынками, на которых благодаря активному участию государства поддерживается относительно стабильная ценовая динамика. В результате экономика этих стран не столь сильно зависит от импорта топливно-энергетических ресурсов и, соответственно, от колебаний мировых цен на них. Так, в 2012 г. доля импортированных первичных источников в общем объёме национального энергопотребления составила 8.7%, в Бразилии — 10.9%. В свою очередь, такие развивающиеся страны, как Россия, ЮАР, Мексика, Индонезия, Саудовская Аравия и Аргентина, входящие в G20, сами являются нетто-экспортёрами энергоресурсов. Из числа ведущих развивающихся государств высокая зависимость от импорта энергоресурсов характерна лишь для Индии и Турции, экономика которых действительно могла пострадать в случае сохранения в течение длительного времени высоких цен на ввозимые ими нефть и газ.

В-третьих, в условиях глобальной экономики дополнительные доходы, получаемые странами-экспортёрами энергоресурсов от повышения ми-

Таблица 2. Динамика мирового энергопотребления в 1980–2009 гг. и её прогноз на 2015–2035 гг., млн. т/день

Страны и регионы	1980	2000	2009	2015	2020	2030	2035	Темпы роста, % 2009–2035
Страны ОЭСР	4067	5292	5236	5549	5575	5640	5681	0.3
Северная Америка	2102	2695	2620	2780	2787	2835	2864	0.3
США	1802	2270	2160	2285	2264	2262	2265	0.2
Европа	1501	1765	1766	1863	1876	1890	1904	0.3
Страны Европейского союза	—	1683	1654	1731	1734	1724	1731	0.2
Азия и Океания	464	832	850	906	912	914	912	0.3
Япония	345	519	472	498	490	481	478	0.0
Страны, не входящие в ОЭСР	2981	4475	6567	8013	8818	10141	10826	1.9
Европа/Евразия	1242	1001	1051	1163	1211	1314	1371	1.0
Россия	—	620	648	719	744	799	833	1.0
Азия	1066	2172	3724	4761	5341	6226	6711	2.3
Китай	603	1108	2271	3002	3345	3687	3835	2.0
Индия	208	460	669	810	945	1256	1464	3.1
Ближний Восток	114	364	589	705	775	936	1000	2.1
Африка	274	505	665	739	790	878	915	1.2
Латинская Америка	284	432	538	644	700	787	829	1.7
Бразилия	114	185	237	300	336	393	421	2.2
Мир в целом	7219	10034	12132	13913	14769	16206	16961	1.3

Источник: [12, p. 81].

ровых цен на топливо, в значительной степени перераспределялись в пользу других государств. Это происходило как путём увеличения такими странами импорта промышленных и потребительских товаров, так и за счёт наращивания ими объёмов экспорта капитала, в том числе в результате размещения за рубежом официальных резервов и средств суверенных инвестиционных фондов. Тем самым негативный эффект от удорожания ввозимых энергоносителей для многих стран-импортёров частично компенсировался.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО ЭНЕРГОРЫНКА

Согласно многочисленным прогнозам, в ближайшие два десятилетия глобальный энергетический рынок ожидают глубокие изменения. Они будут стимулироваться происходящей масштабной структурной и технологической перестройкой мировой экономики, направленной в том числе на снижение её энергоёмкости и уровня вредного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Это приведёт к замедлению темпов роста мирового энергопотребления, дальнейшему повышению энергоэффективности мирового промышленного производства и

транспорта, связанному с широким внедрением инновационных ресурсосберегающих технологий. В свою очередь данный процесс зависит от цен на энергоносители (высокая стоимость “чёрного золота” будет оправдывать вложения в инновационные разработки) и проводимой в развитых странах государственной политики, направленной на стимулирование энергосбережения. Отрицательное воздействие на спрос будет оказывать и происходящий в мировом хозяйстве структурный сдвиг от промышленного производства к приоритетному развитию менее энергоёмких видов хозяйственной деятельности, в частности информационных технологий.

По оценкам МЭА, если в 2000-е годы средние темпы роста мирового энергопотребления достигали 2.5% в год, то в следующие два десятилетия среднегодовая динамика прироста энергопотребления составит 1.3%, причём в 2020-х годах она существенно замедлится (табл. 2).

Основной вклад в увеличение глобального энергопотребления будут вносить развивающиеся страны, в настоящее время серьёзно отстающие от развитых государств по использованию энергии на душу населения (рис. 4). Так, в 2008 г. Китай уступал по данному показателю странам

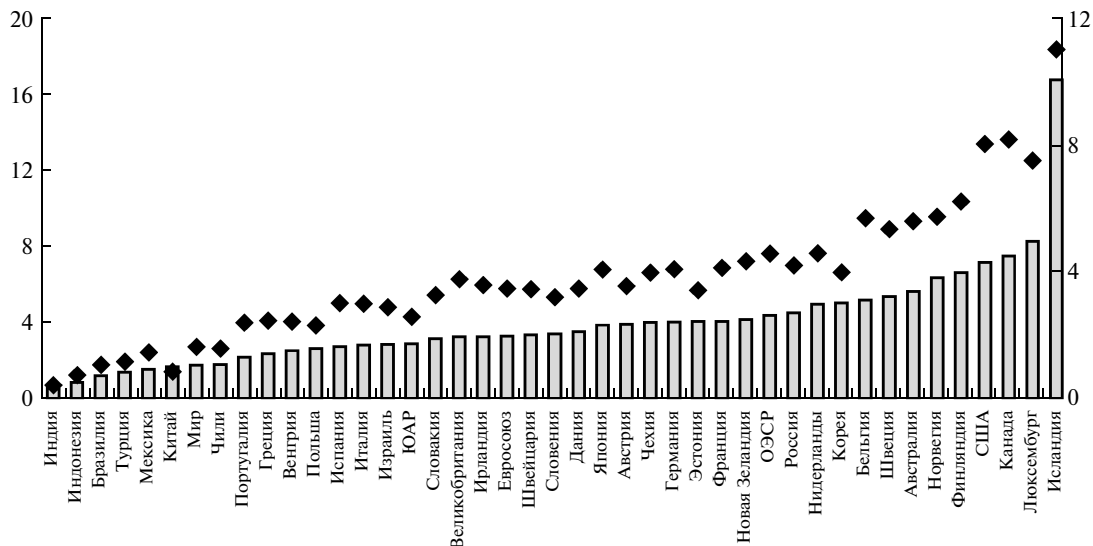


Рис. 4. Потребление энергии на душу населения в различных странах и регионах мира, т.н.э. 2000–2010 гг.

2000 г. — ромбы, правая шкала; 2010 г. — столбцы, левая шкала

Источник: данные Организации экономического сотрудничества и развития (http://www.oecd-ilibrary.org/sites/factbook-2011-en/06/01/03/index.html?contentType=/ns/Book/_ns/StatisticalPublication&itemId=/content/book/factbook-2011-en&containerItemId=/content/serial/18147364&accessItemIds=&mimeType=text/html)

ОЭСР почти в 3 раза. Благодаря ожидаемому устойчивому росту экономики и доходов населения среднегодовые темпы роста энергопотребления в странах, не входящих в ОЭСР, в предстоящие два десятилетия достигнут 1.9%, в то время как в государствах ОЭСР — только 0.3%.

Ожидается изменение мирового энергетического баланса в пользу газа и возобновляемых источников энергии. Если XX столетие было столетием нефти, заметно превосходившей другие виды энергоресурсов по доле в общем объеме глобального потребления первичных источников энергии (45% в 1970-е годы и 35% к концу 2012 г.), то к 2035 г. мировой топливный рынок должен стать существенно более диверсифицированным. Как ожидается, в ближайшие десятилетия нефть будет демонстрировать наиболее низкие темпы роста потребления среди других видов энергоносителей (по различным оценкам, в среднем 1–1.2% в год против 1.8%, наблюдавшихся в последние два десятилетия). В результате доля “чёрного золота” в глобальном использовании энергии сократится к 2035 г. до 27–30%, несмотря на то, что, например, потребление нефти Китаем к 2035 г. удвоится и достигнет 16–18 млн. барр./день. Вклад развивающихся стран в формирование мирового спроса на нефть будет нейтрализовываться прогнозирующимся сокращением потребления нефти в развитых государствах, входящих в ОЭСР, на фоне увеличения использования газа и возобновляемых источников энергии.

Наиболее высокие темпы роста потребления (примерно 2.1–2.4% в год) среди всех видов иско-

паемого топлива в предстоящие два десятилетия будет демонстрировать природный газ, обладающий рядом преимуществ по сравнению с нефтью и углём, в первую очередь более высокой экологичностью. Так, при сжигании природного газа для производства электроэнергии образуется в 2 раза меньше выбросов углекислого газа, чем при использовании угля. Очевидно, что в условиях ужесточающегося во многих странах мира и на глобальном уровне природоохранного законодательства это существенно увеличивает привлекательность данного вида топлива. Ещё одним преимуществом выступает объём доказанных запасов газа, равный на 2012 г. 190 трлн. м³ и достаточный для 60–70 лет добычи при её текущем уровне (для сравнения: имеющихся запасов нефти, по оценкам, хватит лишь на 40–45 лет разработки). В силу этих и других факторов удельный вес газа в глобальном энергопотреблении, по прогнозам, будет неуклонно возрастать и достигнет к 2035 г. 26–27%, то есть практически сравняется с долей нефти. Поэтому МЭА объявило два предстоящих десятилетия “золотым веком” газа. Наиболее активно газ будет использоваться в мировой электроэнергетике и ЖКХ, где он вытеснит нефть и уголь при производстве электро- и теплоэнергии (в частности, ожидается, что к 2020 г. западноевропейские ТЭЦ будут в основном переведены на газ), а также в транспортном секторе благодаря форсированному развитию технологий переработки газа в синтетические жидкие топлива.

Важной особенностью развития мирового рынка газа в 2012–2035 гг. станет ускоренный рост объемов международной торговли сжиженным природным газом (СПГ), использование которого позволяет производителям и потребителям значительно диверсифицировать географию поставок и закупок, а также во многом преодолеть существующую регионализацию глобального газового рынка, возникающую при использовании трубопроводов в качестве основного способа транспортировки. Ежегодный прирост торговли СПГ прогнозируется на уровне 4–4.5%, что будет опережать темпы увеличения мирового потребления газа более чем в 2 раза. Наибольший спрос на СПГ ожидается со стороны стран Евросоюза, Японии и Китая.

В целом в результате снижения темпов потребления нефти и угля совокупная доля ископаемого топлива (нефти, газа и угля) в структуре мирового энергопотребления к 2035 г. снизится с нынешних 87% до 80%. Освободившуюся нишу займут возобновляемые источники энергии, удельный вес которых в глобальном топливном балансе в течение 2013–2035 гг. может возрасти с 1.3 до 7–8%. Доли других основных видов первичной энергии — гидроэлектроэнергии и атомной энергии, скорее всего, в ближайшие годы существенно не изменятся, но в более отдаленной перспективе удельный вес атомной энергетики может начать сокращаться, если сохранятся опасения относительно безопасности функционирования атомных электростанций.

Ежегодные темпы роста потребления возобновляемых источников энергии — биотоплива, ветровой, солнечной и геотермальной энергии, промышленных и бытовых отходов — по оценкам, составят в мире в 2013–2035 гг. порядка 8–10%, то есть в несколько раз выше, чем любого другого источника первичной энергии. Тенденция к быстрому увеличению потребления возобновляемых источников энергии сформировалась в минувшем десятилетии, чему способствовали удорожание нефти, газа и угля, совершенствование технологической базы нетрадиционной энергетики, усиление природоохранного регулирования, а также растущее в мировом сообществе понимание ограниченности природных запасов ископаемого топлива и необходимости его постепенной замены альтернативными видами энергии. Благодаря этим факторам в 2000–2012 гг. производство биоэтанола увеличилось в мире в 6 раз (до 1.9 млн. барр./день), а объем установленных мощностей солнечной энергетики — в 28 раз (до 39.8 тыс. МВт), ветровой — в 10.8 раза (до 199.5 тыс. МВт), геотермальной — в 1.5 раза (до 10.9 тыс. МВт). Мировыми лидерами в области использования возобновляемых источников энергии сегодня выступают США, Китай, Германия, Испания, Япония и ряд развиваю-

щихся стран, включая Бразилию — второго в мире после США производителя этанола.

Среди возобновляемых источников энергии значительным потенциалом, по оценкам экспертов, обладает биотопливо. Сегодня оно изготавливается из ограниченного набора растительных культур, главным образом пшеницы, кукурузы и сахарного тростника, что делает его довольно дорогостоящим продуктом. Однако активно разрабатываются технологии, позволяющие получать биэтанол и другие виды биотоплива из значительно более доступной и дешевой древесины, а в перспективе — из специально выращенной эффективной биомассы. Это позволит многократно снизить себестоимость биотоплива и создаст предпосылки для широкого замещения им ископаемых видов топлива.

Одной из важнейших тенденций развития мирового нефтегазового комплекса, способной оказать существенное воздействие на структуру глобального производства и торговли углеводородами, в ближайшие десятилетия станет наращивание объемов добычи нефти и газа из нетрадиционных источников (нефте- и газонесные пески, сланцы, глубоководные месторождения, угольный метан). Объем мировых запасов нефти и газа в указанных источниках до конца не изучен, однако, по предварительным данным, он значительно превосходит разведанные запасы в традиционных месторождениях. Так, по данным МЭА, запасы неконвенционального газа составляют в мире более 900 трлн. м³ — в 4.5 раза больше, чем доказанные запасы «голубого топлива».

Получение углеводородов из сланцев, битуминозных песчаников и других нетрадиционных источников долгое время сдерживалось высоким уровнем себестоимости добычи, однако в настоящее время, по мере совершенствования технологий, эта проблема постепенно решается, производство неконвенциональных нефти и газа становится всё более рентабельным. К их более активной добыче многие страны, в частности США, государства Евросоюза и Китай, подталкивала в том числе и необходимость укрепления национальной энергетической безопасности и независимости в условиях дефицита традиционных источников нефти и газа. О значительных перспективах использования нетрадиционных источников углеводородов свидетельствует пример США, сумевших за последнее десятилетие наладить крупномасштабную добычу угольного метана и сланцевого газа.

Сланцевый газ — это природный газ, добываемый из преобразованных природой горючих сланцев. Одни считают сланцевый газ чуть ли не могильщиком Газпрома, другие — грандиозной аферой мирового масштаба. На самом деле это крайние оценки. По сравнению с традиционными

коллекторами нефти и газа залежи сланцев — просто самый невыгодный по геолого-геофизическим и экономическим факторам источник углеводородов. Добыча сланцевого газа в США в 2012 г. составила 288.3 млрд. м³, увеличившись на 21.1% к уровню 2011 г. Она велась на территории 20 штатов, однако 92% приходилось на пять штатов: Техас (35.2% добычи в 2012 г.), Луизиану (21.3%), Пенсильванию (19.6%), Арканзас (9.9%) и Оклахому (6.1%).

В 2010 — начале 2011 г. многие крупнейшие нефтегазовые компании приобрели активы по добыче сланцевого газа. В июне 2010 г. ExxonMobil купил одну из крупнейших газодобывающих компаний США XTO Energy за 31 млрд. долл. В начале 2011 г. BHP Billiton приобрела активы Chesapeake на сланцевой структуре Fayetteville, а Chevron купил за 4.3 млрд долл. Atlas Energy, добывающие промыслы которой расположены на структуре Marcellus в Пенсильвании. В 2013 гг. произошли очередные существенные структурные сдвиги в газовом бизнесе США. Сланцевый газ как самостоятельный бизнес-сегмент стал малопривлекательным и резко сократился, произошёл реверс активности бурения с газовых на нефтегазоконденсатные и нефтяные зоны сланцевых плев (80% работ), в то время как 6—7 лет назад всё было наоборот — 70—80% бурения было ориентировано на “сухой” сланцевый газ.

Из-за быстрого истощения сланцевых скважин для поддержания добычи приходится постоянно проводить бурильные работы, поэтому объём добычи связан с темпами бурения. Таким образом, с учётом предыдущей динамики можно уверенно предполагать, что добыча природного газа в США окончательно вышла на плато и дальнейшего увеличения не будет до тех пор, пока не вырастут цены. Это поможет сохранить уровень добычи сланцевого газа на достигнутом уровне, но не сможет обеспечить заметный её рост. Увеличение добычи сланцевого газа, причём не столь существенное, как планировалось ранее, можно ожидать при ценах более 7 долл. за 1 тыс. м³. Однако такая цена ставит крест на всяких разговорах об импорте из США сланцевого газа в виде СПГ по причине его неконкурентоспособности. Представляется, что, несмотря на самые передовые освоённые и только предлагаемые для внедрения технологии, американский сланцевый газ практически достиг предела своего роста как фактор, влияющий на мировой рынок газа.

В настоящее время в США реализуется целый ряд проектов по увеличению транспортных и перерабатывающих газовых мощностей. Это позволит увеличить привлекательность газового бизнеса и спрос на газовое сырьё, что неизбежно должно привести к увеличению внутренних цен до уровня 4—7 долл. за м³. Сегодня же, в условиях из-

быточности (невостребованности) газа и низких текущих цен, значительные объёмы попутного нефтяного сланцевого газа сжигаются на промыслах без его утилизации в разрешённый годичный период эксплуатации нефтяных скважин. Согласно базовому прогнозу Министерства энергетики США, к 2030 г. в стране будет добываться 400 млрд. м³ сланцевого газа, а его доля в валовой добыче топлива составит 48%, но надо учитывать, что прогнозы добычи сланцевого газа в США характеризуются высокой степенью неопределённости.

По данным Управления энергетической информации (УЭИ), в Европе наиболее крупными запасами сланцевого газа располагают Польша (5.2 трлн. м³) и Франция (5 трлн. м³). Развитие сланцевой промышленности в Польше могло бы полностью изменить расстановку сил в секторе добычи природного газа на континенте, поскольку имеющихся в стране запасов достаточно для удовлетворения внутреннего спроса на газ на протяжении ближайших 300 лет. Однако добыча сланцевого газа в Польше проблематична, что обусловлено главным образом технической сложностью разработки месторождений. В поисках сланцевого газа было пробурено 68 скважин, но польские почвы оказались пластичными, в ряде случаев содержат глину и, соответственно, ломаются с трудом. Поэтому 2 февраля американский нефтегазовый гигант Chevron заявил о прекращении поиска сланцевого газа в Польше, последним иностранным инвестором в этой отрасли осталась компания Conoco Phillips [19].

Что касается Франции, то она ориентируется преимущественно на атомную энергетику и предпочитает не разрабатывать свои месторождения. В стране наложен мораторий на применение метода гидравлического разрыва пласта до полного изучения влияния этого процесса на окружающую среду.

Чрезвычайно высок потенциал сланцевого рынка в Китае: его технически извлекаемые запасы составляют 36.1 трлн. м³, что превышает запасы любой другой страны, включая США. Национальное энергетическое управление Китая подготовило план по освоению месторождений сланцевого газа. В отличие от некоторых стран Европы и США, растущая необходимость привлечения новых энергоресурсов окажется весомым аргументом в пользу развития сланцевой промышленности в Китае, несмотря на загрязнение окружающей среды в процессе добычи газа, но производство в коммерческих объёмах является достаточно отдалённой перспективой.

Согласно статистике УЭИ, наибольший потенциал добычи сланцевого газа среди стран Латинской Америки имеет Аргентина. Её запасы составляют 21.9 трлн. м³, однако производство

сланцевого газа при самом благоприятном стечении обстоятельств станет возможным лишь через пять лет. Как и в случае с Китаем, проблема загрязнения окружающей среды не помешает развитию сланцевой промышленности на континенте.

Чем больше развивающихся рынков освоят добычу сланцевого газа, тем существеннее будет их влияние на мировую газовую промышленность. В таких странах, как Польша и Аргентина, которые традиционно являлись чистыми импортерами природного газа, сланцевый газ мог бы кардинально изменить ситуацию и помочь им стать чистыми экспортёрами. По некоторым оценкам, в случае реализации их планов доля только данного вида неконвенционального газа в совокупном объёме мирового производства «голубого топлива» может составить к 2035 г. не менее 10%.

* * *

Описанные в последнем разделе тенденции способны в относительно короткий срок существенно изменить лицо мировой энергетики, сделав её более эффективной, инновационной, компактной и экологичной. Возможно, масштабными трансформациями будет характеризоваться и международный рынок энергоносителей. Так, появление новых видов энергоресурсов, в частности, неконвенциональных нефти и газа, наряду с расширением круга производителей, с большой долей вероятности приведёт к существенной перестройке продуктовой и географической структуры международного энергетического рынка. В целом он должен стать заметно более конкурентным и динамичным, что потребует от стран-экспортёров значительно большей эффективности, оперативности и гибкости при осуществлении внешней энергетической политики. Что касается нефтяного сектора, то, несмотря на текущую ситуацию, в долгосрочной перспективе производство нефти должно начать сокращаться, а значит, может наступить новый период дефицита нефти, восстановления цен на неё и даже усиление конфликтов между крупными странами во главе с США и Китаем, которые будут стремиться силой завладеть последними запасами «чёрного золота».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Copinschi Ph.* Le pétrole: Une Ressource Stratégique. Paris: La Documentation française, 2012.
2. *Bhattacharya J.* Oil Shocks: How Destabilising Are They? // *Social Scientist*. 2009. № 3/4.
3. *Womack B.* China between Region and World // *The China Journal*. 2009. № 61.
4. *Yeti S., Lu Ch.* China, Global Energy, and the Middle East // *Middle East Journal*. 2007. № 2.
5. *Zweig D., Jianhai B.* China's Global Hunt for Energy // *Foreign Affairs*. 2005. № 5.
6. *Annual Energy Outlook*, 2013. Washinton: EIA, 2013.
7. *Aleklett K., Smil V., Smith K., Vaitheeswaran V.* Oil Shock // *Foreign Policy*. 2008. № 164.
8. *Barsky R., Kilian L.* Oil and the Macroeconomy since the 1970s // *The Journal of Economic Perspectives*. 2004. № 4.
9. *Bandyopadhyay K.* OPEC's Price-Making Power // *Economic and Political Weekly*. 2008. № 46.
10. *Dhawan R., Jeske K.* Energy Price Shocks and the Macroeconomy: The Role of Consumer Durables // *Journal of Money, Credit and Banking*. 2008. № 7.
11. *Panikar P.* Oil: From Crisis to Crisis // *Economic and Political Weekly*. 1991. № 9/10.
12. *Oil Information*, 2013. Paris: IEA, 2014.
13. Новые реалии нефтегазовой отрасли — 2012. М.: Deloitte, 2013 (http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Russia/Local%20Assets/Documents/Energy%20and%20Resources/dttl_oil-and-gas-reality-check-2012_RUS.pdf).
14. *Ottaway D.* The Arab Tomorrow // *The Wilson Quarterly*. 2010. № 1.
15. *Rauch J., Kostyshak S.* The Three Arab Worlds // *The Journal of Economic Perspectives*. 2009. № 3.
16. *Dawes J.* The Gulf Wars and the US Peace Movement // *American Literary History*. 2009. № 2.
17. *Sterzinger G.* The Economic Promise of Renewable Energy // *New Labor Forum*. 2007. № 3/4.
18. *Stiglitz J.* The Current Economic Crisis and Lessons for Economic Theory // *Eastern Economic Journal*. 2009. № 3.
19. *Январёв В.* Крах сланцевых надежд // Минпром — информационное агентство (<http://minprom.com.ua/articles/176556.html>).

ДИСКУССИОННАЯ ТРИБУНА

DOI: 10.7868/S0869587315050072

В последнее время усиливаются требования к публикационной активности при подаче заявок на гранты, при мониторинге деятельности организаций, научных коллективов и отдельных учёных, подаче отчётных документов. Оценка научных результатов часто основана на простых библиометрических подходах и используется всеми организациями, финансирующими научные исследования, и всеми контролирующими научную деятельность органами. Формализм в оценке научной работы влечёт за собой и формальный подход к достижению необходимых показателей. Повышенный спрос на публикации привёл к появлению ряда недобросовестных компаний, предлагающих как посреднические, так и собственно издательские услуги, научное качество которых вызывает сомнения.

ПУБЛИКАЦИИ ЛЮБОЙ ЦЕНОЙ?

Н.А. Мазов, В.Н. Гуреев

Считается, что научные публикации в рецензируемых журналах являются индикатором продуктивности труда учёного. Данное положение признаётся не всеми, но в основном исследования показывают положительную корреляцию между количеством опубликованных научных статей и другими свидетельствами признания научных достижений. Отсутствие же публикаций служит доказательством неэффективности или даже лженаучности взглядов той или иной персоны [1]. Между тем в последние годы ситуация на рынке научных работ начала существенно меняться, причём активность в различных направлениях проявляют все участвующие стороны.

АРХИВЫ ПРЕПРИНТОВ И ЖУРНАЛЫ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА

Научное сообщество продолжает создавать институциональные и тематические репозитории и архивы электронных препринтов — сайтов для самоархивирования с авторскими профилями или профилями организации. Многие полагают, что быстрая публикация препринтов возникла в ответ на большой временной лаг от подачи статьи до момента её опубликования в журналах. Кроме того, некоторые уверены, что доступ к результатам исследования должен быть бесплатным, поскольку налогоплательщики уже оплатили проведение самого исследования. Наконец, часть научного сообщества отмечает существенное увеличение цитируемости работы вследствие того, что её легче обнаружить [2] (хотя высказывается и противоположное мнение [3]).

В России таких репозиториев крайне мало [4]. Основная сложность с публикацией препринтов состоит в поиске альтернативы реферированию, которое пока ещё выгодно отличает журналы от архивов. Одной из таких альтернатив могут стать онлайн-фильтры — рекомендации научного сообщества [5]. По схожему принципу социальная сеть для учёных Research Gate предлагает систему “открытого рецензирования” (Open Review) [6], противопоставляя её рецензированию, принятому в научных журналах. Зарубежные исследователи объясняют спад публикуемости в журналах новыми технологическими возможностями, которые позволяют миновать этап рецензирования [7].

Что касается возникновения множества журналов открытого доступа, то это связано с широко распространённым мнением, согласно которому издатели научных журналов должны обслуживать



Авторы работают в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. академика А.А. Трофимука СО РАН. **МАЗОВ** Николай Алексеевич — кандидат технических наук, заведующий Информационно-библиотечным центром института. **ГУРЕЕВ** Вадим Николаевич — ведущий библиограф.

MazovNA@ipgg.sbras.ru; GureevVN@ipgg.sbras.ru

науку, работающую на благо всего общества, и приспособливаться к её нуждам, но не наоборот [8]. Эта модель пока находится в стадии становления, а основатели журналов и издательства открытого доступа продолжают поиски источников, которые покрывали бы издательские расходы.

Существует четыре типа возможных источников финансирования журналов открытого доступа.

1. Бюджеты научных библиотек, которые можно переадресовать в научно-исследовательские институты для того, чтобы они оплачивали статьи своих сотрудников [8].

2. Бюджеты научных сообществ определённой дисциплинарной направленности. В этом случае предлагается корпоративная оплата публикаций, как, например, в проекте SCOAP (Sponsoring Consortium for Open Access Publishing – консорциумное спонсирование изданий открытого доступа).

3. Оплата опубликования статьи самими авторами из личных средств или средств гранта.

4. Финансирование публикаций своих сотрудников научными организациями при одновременном сохранении платной подписки.

Перераспределение ролей участников уже началось, в ряде стран количество бесплатных источников превысило количество платных [9]. В Бразилии, Голландии, Швейцарии и США в 2012 г. было доступно больше половины работ, проиндексированных в базе данных Scopus за предыдущие четыре года, то есть наиболее востребованная часть. В то же время журналы открытого доступа пока не привели к снижению цен на журнальную продукцию коммерческих издательств [10].

К наиболее авторитетным издательствам открытого доступа относятся Public Library of Science (журналы PLoS), а также BioMed Central. Отказ от традиционного деления журнала на тома и выпуски (статьи публикуются по мере их поступления и рецензирования) позволил значительно ускорить выпуск работ в свет, что для многих авторов в нынешних условиях особенно важно. Единственный недостаток – высокая цена, которая колеблется в среднем от 2 до 2.5 тыс. долл. Издательства обычно предоставляют скидку развивающимся странам, в число которых Россия не входит.

ЖУРНАЛЫ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА С СОМНИТЕЛЬНОЙ РЕПУТАЦИЕЙ

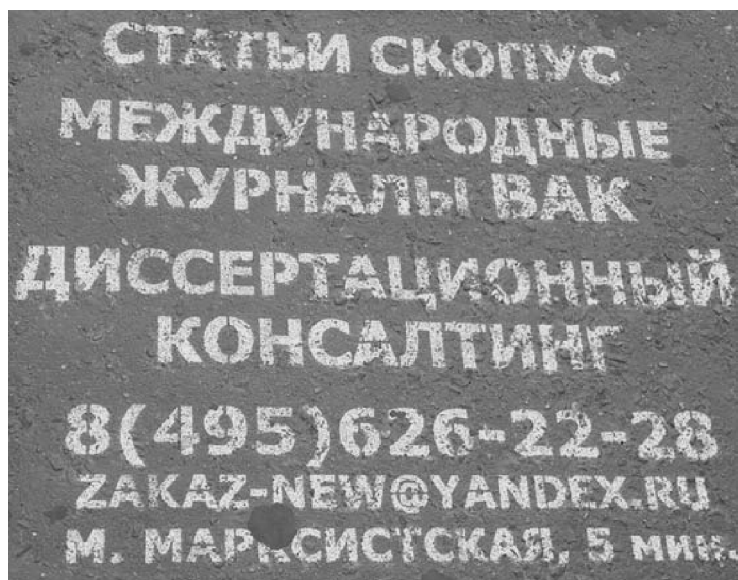
По пути авторитетных журналов открытого доступа пошли многие издательства, репутация и научное качество которых вызывают сомнения. Речь идёт о так называемых журналах-“хищниках” (predatory journals), которые в русскоязычной литературе именуются недобросовестными

журналами, журналами-“паразитами” или “грабительскими”. Внешне они мало чем отличаются от журналов с заслуженной репутацией: у них достаточно хорошие сайты; они зарегистрированы в базе данных ISSN; публикациям присваивается идентификатор цифрового объекта DOI (который отсутствует у большинства российских престижных журналов); они используют известные электронные системы подачи рукописей (например, Editorial Manager компании Aries Systems, которой пользуются издательства Elsevier и Springer). Помимо удобства загрузки файлов и формального контроля, позволяющего обнаружить возможные ошибки при подаче рукописей, авторы могут отслеживать различные этапы работы с их текстами. Иногда таким журналам удаётся пробиться в международные библиографические базы, включая Web of Science и Scopus, но долго они там не удерживаются.

Выявлением подобных журналов активно занимается американский библиотечкарь Дж. Белл. Он составил список (<http://scholarlyoa.com/publishers/>), включавший на декабрь 2014 г. около 700 недобросовестных издательств, у которых в портфолио может насчитываться от 100 до 200 журналов по всем направлениям науки, в том числе политематические. На своём сайте Белл выделяет ряд критериев, позволяющих распознать журнал сомнительного качества. Прежде всего это отсутствие редколлегии в традиционном смысле – с указанием её членов. Нередко в редколлегию входят люди, не имеющие отношения к науке. Кроме того, практикуется рассылка электронных писем с приглашением написать статью (иногда – стать членом редколлегии).

Привлекают также более низкая плата за публикацию (обычно в несколько раз меньшая, чем в журналах PLoS) и, главное, – менее строгое рецензирование, гарантирующее выход в свет работы в удобные для автора сроки. Белл отмечает, что журналы требуют указывать возможных рецензентов и в большинстве случаев отправляют рукописи на рецензию именно им. Ничто не мешает автору завести учётные записи на несуществующих людей, которых он назовёт рецензентами, чтобы самому же впоследствии прорецензировать собственную работу.

К признакам недобросовестных изданий относятся дезинформация об индексирующих журнал системах и наличии импакт-фактора, использование собственных метрик (например, Google-based impact factor), несоответствие места выпуска журнала географической локации, указанной в его названии, и т.п. Эту информацию можно уточнить по соответствующим базам данных цитирований или журнальным базам данных типа Journal Citation Reports. Актуальные списки журналов, входящих в две мультидисциплинарные базы данных – Web of Science и Scopus, можно



Публикации научной статьи в журналах Европы, России, Украины, СНГ

ВАК Украины и России, Беларуси, Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef.

Хотите опубликовать статью без лишних движений и головной боли?

Мы все гарантированно делаем за Вас:

- подбираем журнал согласно сроков и тематики;
- оформляем по требованиям;
- подаем в выбранный журнал;
- контролируем;
- вносим все замечания рецензентов;
- пересылаем Вам журнал.

От Вас только статья!

Подать статью



Объявления на асфальте около Высшей школы экономики в Москве (слева) и на одном из сайтов (справа)

бесплатно получить на сайтах: <http://ip-science.thomsonreuters.com/mjl/> и <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus/content-overview>.

Потенциальные клиенты таких журналов — это, как правило, граждане развивающихся стран, в том числе бывших республик СССР [11]. Некоторые российские организации, например, Высшая школа экономики, информируют учёных о подобных издательствах, это свидетельствует о том, что эта проблема существует и в нашей стране. В последние два года мы фиксируем появление таких публикаций в своих НИИ.

Точную долю таких статей от общего числа российских публикаций определить трудно, поскольку они нигде не индексируются. Затрудняет их идентификацию и отсутствие единого списка журналов: пока составлен лишь список издательств, который не является официальным документом. Между тем их могли бы выявлять библиотечные центры в самих организациях. Критериями для определения таких журналов, кроме вышеперечисленных, являются следующие: слишком общее название; отсутствие журнала в международных или тематических реферативных системах, используемых в организации для подсчёта показателя результативности научной деятельности; слишком небольшой срок существования журнала, о чём можно судить по нумерации томов.

Статьи в сомнительных журналах могут быть выгодны тем, кто стремится получить премию, или готовящимся к защите аспирантам. Что касается отчётов по крупным проектам или заявок на гранты, то в этих случаях имеют значение публикации, индексируемые в международных рефера-

тивных системах. Правда, и здесь вероятность формального подхода не исключена.

Обратим внимание на то, что, по мнению некоторых российских экспертов, статус подобных зарубежных журналов оказывается выше статуса ряда отечественных изданий, в том числе входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии. Во-первых, статья на английском языке доступна более широкой аудитории; во-вторых, доступность статьи существенно повышает идентификатор DOI; в-третьих, общие требования к структуре статьи и списку литературы даже в недобросовестных журналах максимально приближены к требованиям авторитетных западных журналов. Таким образом, у качественной статьи шанс быть замеченной даже в недобросовестном зарубежном журнале оказывается выше, чем в некоторых отечественных журналах, а значит, легче утвердить приоритет в открытии.

ТЕНЕВЫЕ ФИРМЫ-ПОСРЕДНИКИ

Ситуация со сторонними сервисами в издательском деле была подробно описана в 2013 г. в журнале Science на примере Китая [12]. В статье указывается на следующие издательские услуги в КНР:

- продажа авторства в чужих публикациях, проходящих последние стадии рецензирования;
- написание сотрудниками фирм-посредников обзорных статей на заказ;
- предлагаемый фирмами-посредниками перевод старых публикаций на английский язык, библиографические метаданные которых не индексируются международными системами, без вне-

сения в них каких-либо изменений. Это явление получило название самоплагиата, который следует отличать от так называемого ребрендинга публикаций, когда автор может повторно опубликовать свою прежнюю статью с пересмотром изложенных в ней результатов в свете новых научных достижений. Этот пункт может быть реализован авторами и самостоятельно, без участия посреднических фирм;

- продажа места для публикации в журнале с гарантией.

В основном перечисленные услуги касаются журналов, индексируемых Web of Science. Важно отметить, что в Китае повышенный спрос на публикации был вызван проводимой в стране научной политикой, когда количество публикаций стало основным критерием оценки труда учёных и превратилось, таким образом, в самоцель.

Эта же тенденция наблюдается в настоящее время в российской науке. С одной стороны, выполняется поручение Президента РФ об увеличении доли российских публикаций, индексируемых международными наукометрическими базами данных. С другой стороны, всё большее внимание уделяется простым показателям, каким является общее количество публикаций, в ущерб экспертной оценке, поскольку такие показатели более понятны. За последний год практически все российские фонды в качестве условия предоставления грантов называют необходимость опубликовать определённое количество работ, которые бы индексировались в той или иной международной базе данных. Кроме того, в одном из грантов Российского научного фонда звучит требование обеспечить к определённой дате (!) цитируемость работ.

Столь категоричные требования, не учитывающие ситуацию в издательском деле, приводят к целому ряду последствий, отрицательно влияющих на научную этику и науку в целом. Спонсирующие науку фонды, федеральные целевые программы и проекты Министерства образования и науки РФ определяют чрезвычайно сжатые сроки для опубликования работ, которыми должны отчитываться учёные. Не принимаются в расчёт устоявшиеся традиции опубликования статей в рейтинговых журналах, когда рукопись может появиться на страницах издания спустя длительное время после положительного о ней решения. Для ознакомления читательской аудитории с результатами исследований большинство издателей публикуют так называемые статьи “в печати”, когда выставляется онлайн-версия публикации, имеющая DOI и другие библиографические метаданные, кроме номера журнала и страниц. Ведущая база данных Web of Science статьи “в печати” не индексирует, поэтому отчитаться ими, пока они не будут сверстаны в номер, невозможно.

В этих условиях авторы часто идут на хорошо известные манипуляции, которые активно используются в Китае и приобретают популярность в России:

- разделение статьи на несколько частей, чтобы увеличить результирующее число;
- обращение к жанру заметок, кратких сообщений, дискуссий, писем и т.п. вместо полномасштабных статей или обзоров. Как правило, фонды не акцентируют внимание на типе публикаций (обычно это делается для оценки организаций в целом или крупных научных коллективов), поэтому с формальной точки зрения не имеет значения, опубликована ли большая статья или краткое сообщение;
- повторное опубликование с переводом на английский язык старых работ из источников, не попавших в индексирующие системы (журналов регионального уровня, трудов и др.);
- покупка мест в списке авторов в уже готовых к изданию публикациях.

Симптоматично появление услуг посреднических фирм, которые за определённую сумму обещают публикацию статьи в журнале, рецензируемом в Web of Science, или в российских журналах из перечня ВАК. За срочную публикацию назначаются более высокие цены.

Ситуация затронула и авторов качественных публикаций, которые вынуждены ввиду сжатых сроков по отчётам публиковать работы в дорогих журналах, например, из серии PLoS. Подача рукописей в бесплатные журналы, где рецензирование проходит намного дольше, может привести к потере гранта. О подобной ситуации ещё в 2008 г. предупреждали западные исследователи [13].

Руководителям грантов приходится тратить значительную часть полученных средств на публикацию, например, в PLoS, вместо использования этих денег непосредственно на научные исследования. Российские организации, по нашему опыту, в основном не оплачивают публикации своих сотрудников. Таким образом, немалая часть выделяемых на стимулирование российской науки средств не вполне оправданно перенаправляется западным издательствам.

Сегодня наблюдается трансформация сразу нескольких основополагающих систем в распространении результатов научной деятельности и её оценке. Стремление учёных к более быстрому опубликованию своих трудов с использованием современных технологий приводит к созданию журналов открытого доступа, организации электронных архивов, поиску замены традиционного рецензирования. В то же время не до конца продуманная политика оценки научных результатов влечёт за собой создание теневых услуг, снижение качества публикуемых материалов и разрушение сложной системы оценки уже с внешней стороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кругляков Э.П.* “Учёные” с большой дороги-3. М.: Наука, 2009.
2. *Lawrence S.* Free online availability substantially increases a paper’s impact // *Nature*. 2001. V. 411. № 6837. P. 521–522.
3. *Evans J.A.* Electronic publication and the narrowing of science and scholarship // *Science*. 2008. V. 321. № 5887. P. 395–399.
4. *Филозова И.А.* Открытые архивы научной информации // Системный анализ в науке и образовании. 2010. № 1.
5. *Эпштейн В.Л.* Предвидимое будущее научных журналов // Проблемы управления. 2004. № 1.
6. Introducing Open Review: A new way to evaluate research. 2014. <http://news.researchgate.net/index.php?/archives/187-Introducing-Open-Review-a-new-way-to-evaluate-research.html> (Дата обращения: 27.12.2014).
7. *Ellison G.* Is peer review in decline? // *Economic Inquiry*. 2011. V. 49. № 3. P. 635–657.
8. *Шрайберг Я.Л., Земсков А.И.* Авторское право и открытый доступ. Достоинства и недостатки открытого доступа // Научные и технические библиотеки. 2008. № 6.
9. *Archambault E., Amyot D., Deschamps P., et al.* Proportion of Open Access Peer-Reviewed Papers at the European and World Levels. 2004–2011. Brussels: Science-Metrix Inc., 2013.
10. Serials Price Projections for 2014. 2013. <http://www2.ebsco.com/en-us/Documents/PriceProjections2014.pdf> (Дата обращения: 27.12.2014).
11. Учёные Казахстана публиковали статьи в псевдонаучных зарубежных журналах. <http://tengri-news.kz/science/uchenyie-kazahstana-publikovali-stati-v-psevdonauchnyih-zarubejnyih-jurnalah-260253> (Дата обращения: 27.12.2014).
12. *Hvistendahl M.* China’s Publication Bazaar // *Science*. 2013. V. 342. № 6162. P. 1035–1039.
13. *Lawrence P.A.* Lost in publication: How measurement harms science // *Ethics in Science and Environmental Politics*. 2008. V. 8. P. 9–11.

DOI: 10.7868/S0869587315050163

Каков основной механизм развития Земли? Этим широко обсуждаемым в науке вопросом задаётся автор публикуемой статьи и утверждает, что механизмом, запустившим процесс эволюции на нашей планете, является взаимодействие в рамках внутренне противоречивой системы вода–базальты. Именно абиогенная эволюция подготовила почву для возникновения и эволюции жизни.

ОСНОВНОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ, ОПРЕДЕЛИВШЕЕ МЕХАНИЗМЫ И НАПРАВЛЕННОСТЬ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

С.Л. Шварцев

В одной из своих последних работ [1] академик В.Е. Хаин обратил внимание на важную роль взаимодействия атмосферы, биосферы и литосферы в развитии Земли. По его концепции, именно взаимодействие глубоких оболочек с внешними (атмосферой, гидросферой, криосферой, биосферой) привело к возникновению жизни и, соответственно, биологической эволюции. Опираясь на концепцию Гайя, выдвинутую в 1972 г. британским учёным Дж. Ловлоком [2], суть которой в том, что биосфера Земли якобы представляет собой самоорганизующуюся систему, активно взаимодействующую с атмосферой, В.Е. Хаин, помимо этого, говорит о взаимодействии биосферы с литосферой, частично с гидросферой и криосферой и предлагает новую схему развития Земли, в которой решающая роль приписывается биосфере.

Но каков механизм саморганизации биосферы? Ссылаясь на работы К. Хсю [3], В.Е. Хаин поддерживает гипотезу о том, что бактерии, меняя темп своего размножения, регулируют содержание CO_2 в атмосфере и тем самым воздействуют на климат. Далее, опираясь на работу М.Т. Розинга и др. [4], В.Е. Хаин полагает, что живые организмы через фотосинтез преобразуют лучистую энергию Солнца в химическую, которая в

процессах выветривания и субдукционного погружения горных пород расходуется на трансформацию базальтов в граниты или, другими словами, на формирование земной коры. Отсюда делается вывод, что “нашу Землю, включая её атмосферу в единстве с биосферой, следует рассматривать как единую самоорганизующуюся систему” [1, с. 796].

Мы не собираемся обсуждать здесь концепцию Гайя. Отметим только, что её базовый принцип – регулирование живыми организмами содержания CO_2 в атмосфере – представляется спорным, более того, фантастическим. Да и в целом признание определяющей роли биосферы в развитии Земли означает тупиковую ситуацию в объяснении происхождения самой биосферы: спрашивается, откуда взялась биосфера, если эволюция на нашей планете началась с её появлением? Замкнутый круг, который ведёт к креационизму.

Долгое время геология видела истоки развития Земли в эндогенных (мантийных) силах, движении континентов, магматизме и т.д. Поэтому обращение одного из ведущих апологетов этого направления к идее взаимодействия земных оболочек и самоорганизации биосферы как важнейших процессов развития Земли говорит о многом.

Чтобы земные оболочки начали взаимодействовать, они сначала должны возникнуть. Развитие Земли не могло начаться с взаимодействия тел, включая биосферу, которых на планете не было. Развитие Земли, возникновение глобальной эволюции и образование земных оболочек возможно только при наличии какого-либо механизма, какой-то силы, фундаментального процесса, определяющего направленную эволюцию планеты. Последняя началась с взаимодействия не оболочек, а, скорее, ведущих компонентов окружающего мира – воды с горными породами,



ШВАРЦЕВ Степан Львович – доктор геолого-минералогических наук, профессор Национального исследовательского Томского политехнического университета, главный научный сотрудник Томского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН.

tomsk@igng.tsc.ru

газами и органическим веществом. Эту идею в своё время развивал академик В.И. Вернадский [5]. Начало такой эволюции могло быть связано с системой вода–горная порода [6]. Цель настоящей работы — показать, что на нашей планете действительно имеется внутренне противоречивая система, взаимодействие элементов которой определило начало и основной механизм развития Земли, а значит, и глобальной эволюции в целом. Речь идёт о системе вода–базальты.

ПРИРОДА ЭВОЛЮЦИИ В СИСТЕМЕ ВОДА–БАЗАЛЬТЫ

В настоящее время возраст нашей планеты считается равным 4.5 млрд. лет, время появления жидкой воды — не менее 4.4 млрд. лет [1]. Отсюда следует, что вода появилась на планете практически одновременно или чуть позже твёрдых пород. В это же время сформировалась и первая атмосфера, которая, как считает большинство учёных, состояла в основном из CH_4 и NH_3 , в меньшей мере из паров H_2O , H_2 , CO , CO_2 и редких газов. Горными породами, образовавшими Землю, были базальтоиды, или, проще, базальты, минералогический состав которых представлен группой основных плагиоклазов (анортит, битовнит, лабрадор), группой оливинов (форстерит, фаялит), группой пироксенов (энстатит, ферросилит, геденбергит, диопсид) и некоторыми другими. Средний химический состав базальтов (кларковые содержания) представлен следующими элементами: Si — 24.0%, Al — 8.76%, Fe — 8.56%, Ca — 6.72%, Mg — 4.50%, Na — 1.94%, K — 0.83%, Mn — 0.20%, то есть базальты — это в основном силикаты и алюмосиликаты Fe, Ca и Mg. Следовательно, на ранних этапах формирования Земли после появления воды одним из первых начался процесс взаимодействия воды с базальтами в условиях восстановительной среды в присутствии CO и CO_2 , которые обычно участвуют в реакциях гидролиза.

Точное время появления жизни является спорным. В.Е. Хаин считает, что достоверно известна только одна цифра — 3.5 млрд. лет назад. Имеющиеся данные о её возникновении 3.8 млрд. лет назад этот учёный ставит под сомнение. Так или иначе, жизнь появилась позже воды, поскольку без воды она невозможна. По В.Е. Хаину, разница между временем их появления составляет не менее 0.9 млрд. лет. Такое соотношение представляется наиболее вероятным.

Как и откуда появилась вода на Земле, точно не установлено: многие специалисты полагают, что вода — продукт дегазации мантии и по своей природе является ювенильной, то есть первозданной, образованной из водорода и кислорода мантии [7]. Но какими темпами шло накопление воды на поверхности планеты — вопрос дискуси-

онный: одни считают, что основная масса воды на Земле появилась уже 2.5 млрд. лет назад, другие — что процесс дегазации мантии происходил равномерно в течение всей геологической истории и продолжается до сих пор, а по расчётам О.Г. Соколотина, объём мирового океана будет увеличиваться ещё в течение порядка 2 млрд. лет.

Другой взгляд на генезис гидросферы развивал В.И. Вернадский, который, признавая наличие воды в мантии и поступление водяного пара из глубоких частей планеты на её поверхность, всё же полагал, что “значительная часть этого водяного пара уже раньше была на земной поверхности, принимала участие в равновесиях на земной поверхности и проникла в глубокие части литосферы сверху” [5, с. 181]. Идеи В.И. Вернадского о происхождении гидросферы получили подтверждение в ходе изучения изотопного состава воды в различных земных и космических объектах. Так, В.И. Ферронский в 1974 г. пришёл к выводу, что наблюдаемые величины изотопных отношений H и O в природных водах и породах, а особенно в океане, не согласуются с гипотезой ювенильного происхождения гидросферы. По его данным, ювенильной воды на нашей планете никогда не было, а гидросфера образовалась путём конденсации на последней стадии образования Земли из газообразного облака [8].

Гипотеза конденсационного происхождения гидросферы в настоящее время поддерживается многими, хотя далеко не всеми, учёными. Исходя из фактов глубокого антагонизма между водой и базальтами, о котором речь пойдёт ниже, мы также считаем, что гидросфера является поверхностным образованием, а в глубины Земли вода проникла в процессе её разнообразных круговоротов [9].

Из сказанного становится очевидным, что появившаяся на Земле вода могла взаимодействовать только с базальтами (так как других пород в то время не было), газами первичной атмосферы, прежде всего с CO и CO_2 , и, возможно, кислотами типа HCl, HF, HNO_3 и др. Такое взаимодействие началось в восстановительной геохимической обстановке, поскольку свободного кислорода на Земле тогда ещё не было.

Взаимодействие воды с базальтами, как, впрочем, и с другими алюмосиликатами, протекает по механизму гидролиза, при котором все химические элементы с той или иной скоростью переходят в водный раствор и, накапливаясь в нём, достигают равновесия с тем или иным минералом, который и формируется в этих условиях [10].

Вторичные минералы образуются не хаотично, а строго по законам термодинамики: первыми выпадают наиболее труднорастворимые соединения (оксиды и гидрооксиды Al, Fe, Mn, Ti и др.), константы растворимости которых являются ми-

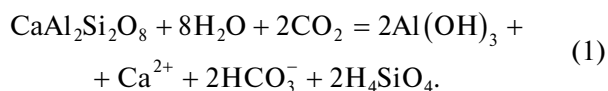
Произведение растворимости некоторых природных минералов при 25°C [11]

Минерал	Реакция растворения	lg ПР*	lg условного показателя**
Гидроокислы			
Ферригидрит	$\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^-$	-38.80	-9.70
Гиббсит	$\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$	-37.72	-9.43
Гетит	$\text{FeOOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^-$	-32.81	-8.20
Амакинит	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^-$	-15.10	-5.03
Пирохроит	$\text{Mn}(\text{OH})_2 = \text{Mn}^{2+} + 2\text{OH}^-$	-12.65	-4.21
Карбонаты			
Сидерит	$\text{FeCO}_3 = \text{Fe}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-10.89	-5.44
Родохрозит	$\text{MnCO}_3 = \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-10.39	-5.20
Стронцианит	$\text{SrCO}_3 = \text{Sr}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-9.27	-4.63
Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-}$	-17.09	-4.27
Кальцит	$\text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-8.48	-4.24
Магнезит	$\text{MgCO}_3 = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-7.46	-3.73
Сульфаты			
Барит	$\text{BaSO}_4 = \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$	-9.97	-5.98
Целестин	$\text{SrSO}_4 = \text{Sr}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$	-6.63	-3.31
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	-4.58	-2.29
Ангидрит	$\text{CaSO}_4 = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$	-4.36	-2.18
Глинистые алюмосиликаты			
Каолинит	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}^{3+} + 2\text{H}_4\text{SiO}_4 + 6\text{OH}^-$	-79.39	-7.94
К-монтмориллонит	$\text{K}_{0.38}\text{Al}_{2.38}\text{Si}_{3.62}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 10\text{H}_2\text{O} = 0.38\text{K}^+ + 2.38\text{Al}^{3+} + 3.62\text{H}_4\text{SiO}_4 + 7.52\text{OH}^-$	-108.7	-7.82
Na-монтмориллонит	$\text{Na}_{0.33}\text{Al}_{2.33}\text{Si}_{3.67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 10\text{H}_2\text{O} = 0.33\text{Na}^+ + 2.33\text{Al}^{3+} + 3.67\text{H}_4\text{SiO}_4 + 7.32\text{OH}^-$	-98.93	-7.24
Иллит	$\text{K}_{0.6}\text{Mg}_{0.25}\text{Al}_{2.3}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 10\text{H}_2\text{O} = 0.6\text{K}^+ + 0.25\text{Mg}^{2+} + 2.3\text{Al}^{3+} + 3.5\text{H}_4\text{SiO}_4$	-102.5	-7.00
Са-монтмориллонит	$\text{Ca}_{0.167}\text{Al}_{2.33}\text{Si}_{3.67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 10\text{H}_2\text{O} = 0.167\text{Ca}^{2+} + 2.33\text{Al}^{3+} + 3.67\text{H}_4\text{SiO}_4 + 7.32\text{OH}^-$	-89.27	-6.60

*Произведение растворимости.

**Произведение растворимости, отнесённое к числу компонентов жидкой фазы в реакции.

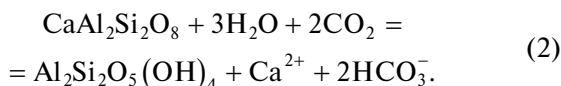
нимальными из всех образуемых при соответствующей температуре (табл.). Например, растворение анортита, одного из ведущих минералов базальтов, на первых этапах протекает по реакции:



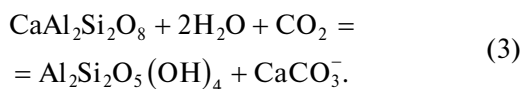
В этом случае при $T = 25^\circ\text{C}$ и $\text{pH} = 5.0$ равновесие с гиббситом наступает уже при активности

$\text{Al}^{3+} = 10^{-6.2}$ мол/л. Видимо, гиббсит был первым минералом, который появился на нашей планете в результате взаимодействия воды с базальтами, поскольку в восстановительной геохимической среде образование гидрозаиси Fe^{2+} требует значительно более длительного времени. При таких низких концентрациях элементов в растворе равновесие с анортитом не достигается, и он продолжает растворяться, хотя и по другой схеме.

Это происходит потому, что в результате протекания реакции (1) в твёрдой фазе концентрируется только Al, а все другие элементы продолжают накапливаться в растворе. Растёт в нём и содержание кремния, и когда оно достигает $10^{-4.7}$ мол/л, то при тех же значениях pH и активности Al^{3+} , как и при формировании гиббсита, происходит насыщение раствора каолинитом, который и образуется по реакции:



Образование гиббсита и каолинита не прекращает растворение анортита, неравновесность с которым сохраняется постоянно. Поэтому накопление Ca^{2+} , как и других элементов в растворе, продолжается, и через какое-то время устанавливается равновесие с кальцитом, который и формируется по реакции



В анортите в виде микропримесей присутствуют и многие другие элементы — Mg, Na, K, Sr, F, Fe, Li, V, U и т.д., которые также переходят в раствор и, накапливаясь в нём, при длительном взаимодействии достигают таких концентраций, которые обеспечивают образование гетита, лимонита, магнезита, стронцианита, флюорита и др.

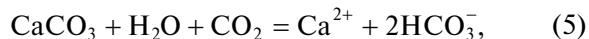
Необходимо иметь в виду, что базальты состоят не только из анортита, но и других минералов, каждый из которых обеспечивает раствор своим комплексом элементов, что резко расширяет возможности вторичного минералообразования. Так из небольшого количества растворяемых водой минералов базальтов постепенно складывается целый комплекс новых, которые вместе с одновременно сформированными с разными геохимическими типами воды формируют окружающий мир на поверхности планеты. Этот мир, в отличие от возникшего ранее базальтового, более устойчив и хорошо приспособлен к окружающей среде, поскольку вторичные минералы равновесны с водным раствором, создающим эти продукты [10–13]. Многочисленные вторичные минералы, связывая различные химические элементы в твёрдую фазу, не позволяют их содержаниям в растворе устанавливаться выше равновесных. Иначе говоря, они выступают в качестве геохимических барьеров на пути установления равновесия между водными растворами и базальтами.

Учитывая исключительную важность этого вопроса, рассмотрим его подробнее на примере кальция как одного из важнейших элементов, контролирующих равновесие природных вод с базальтами.

Константа реакции (2) при 25°C равна

$$K_1 = [Ca^{2+}][HCO_3^-]^2 / P_{CO_2} = 10^{-5.4}. \quad (4)$$

Если мы напишем ещё и реакцию растворения кальцита



константа которой (K_2) при тех же 25°C равна

$$K_2 = [Ca^{2+}][HCO_3^-]^2 / P_{CO_2} = 10^{-6.0}, \quad (6)$$

то увидим, что эти константы контролируются одними и теми же компонентами раствора, что позволяет сравнивать степень насыщения вод двумя разными минералами (анортитом и кальцитом) по одному параметру — произведению активности $[Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]$. Если далее мы примем во внимание величину P_{CO_2} , то можем рассчитать значение произведения $[Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]$ для каждой из реакций. При $P_{CO_2} = 10^{-3}$ оно в случае K_1 равно $10^{-0.6}$, а в случае K_2 — $10^{-9.0}$. При $P_{CO_2} = 10^{-2}$ оно равно соответственно $10^{1.4}$ и $10^{-8.0}$ и т.д.

Как видим, в системе вода—базальт раствор насыщается кальцитом уже при низких значениях произведения $[Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]^2$, равных всего $10^{-8.0}$ и $10^{-9.0}$, при разных P_{CO_2} . Для насыщения анортитом это произведение должно вырасти до 10^{-1} и 10^0 при тех же P_{CO_2} , но это невозможно, поскольку идёт образование кальцита, который, связывая Ca^{2+} , выступает геохимическим барьером на пути достижения равновесия с анортитом [11].

Мы изучали значения произведения $[Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]^2$ в различных подземных водах мира, включая глубокие нефтяные и термальные воды, крепкие рассолы с солёностью до 500 г/л, и показали, что искомое произведение в пресных водах с минерализацией <0.8 г/л обычно составляет $<10^{-9}$, то есть воды не насыщены не только анортитом, но и кальцитом. При более высокой солёности, включая крепкие рассолы, значение этого произведения выше, но оно обычно составляет $10^{-9.0}$ и $10^{-8.0}$ и очень редко достигает $10^{-6.0}$. Это значит, что все подземные воды, насыщенные кальцитом, всегда очень далеки от равновесия анортитом [9, 11–13].

В качестве геохимических барьеров выступают и другие вторичные минералы: доломит и магнезит — для магниевых минералов базальтов, сидерит — для железистых. Глины, цеолиты, хлориты, амфиболы, связывая Al, Si, K, Mg и т.д., также выступают в роли подобных барьеров. Наконец, в процессе реакций гидролиза образуется гидроксильная группа OH^- , которая непрерывно нейтрализуется углекислым газом по реакции



и другими кислотами, если они имеются в системе. Реакция нейтрализации также выступает геохимическим барьером, препятствующим установлению равновесия водного раствора с базальтами [12].

Всё это вместе взятое приводит к тому, что равновесие воды с базальтами в реальной природной среде в принципе невозможно, и система вода—базальты всегда остаётся равновесно-неравновесной, то есть способной к непрерывному геологически длительному взаимодействию, результатом которого является формирование принципиально новых образований — гидрогенно-минеральных комплексов. Под последними мы понимаем генетически связанные ассоциации минеральных, органических и растворённых в воде химических соединений, равновесных с породившей их средой, которые сформированы в результате эволюционного развития системы вода—порода [11].

С появлением воды на Земле возникла принципиально иная система, внутренне противоречивая, способная к непрерывному усложнению, поскольку из двух компонентов — воды и породы — формируется третий, состоящий из новой минеральной фазы, которая вместе с водой иного состава образует более сложный гидрогенно-минеральный комплекс (например, монтмориллонитовый), отличающийся наличием дополнительных структурных элементов, большим количеством физически связанной воды, размерами кристаллической решётки, приспособлением к конкретной геохимической среде, устойчивостью, составом и т.д.

Система вода—базальты является первой в истории Земли диссипативной структурой, которая развивается в далёкой от равновесия области, а неравновесность, как известно, не источник гибели, а, напротив, основа становления упорядоченности, причина структурогенеза и эволюции системы в целом. Неравновесность создаёт противоречие в системе вода—базальты, которое является главной движущей силой эволюции, приводит к изменению необратимых потоков энергии и вещества на фоне стремления эволюционирующих открытых систем к равновесию. Более того, именно с неравновесными системами связано свойство самоорганизации материи, которое определяет возможность перехода хаоса к порядку, образования новых диссипативных структур в открытых нелинейных средах [14, 15]. Поэтому противоречие в системе вода—базальты является главным, базовым, определившим начало самоорганизации в неживой материи. Анализ геологического материала показывает, что эндогенная порода для воды чужеродна, несовместима по своим свойствам и составу. Поэтому вода её непрерывно растворяет и формирует новые (осадочные) образования, которые по своим параметрам более совместимы со строением воды.

Какая же сила движет эволюцией системы вода—базальты? Когда-то Ж.Б. Ламарк выдвинул идею “власти жизни” [16], позже Ч. Дарвин заменил её более аморфным понятием естественного отбора, который не имеет физического смысла. В наше время синергетика опирается на неравновесность как движущую силу самоорганизации; её физический смысл также до конца не раскрыт, поскольку управляющий параметр эволюции в разных системах разный.

В предыдущей работе [16] мы показали, что сложные вещества возникают в водном растворе. Поэтому, говоря о системе вода—базальты, именно в воде следует искать движущую силу эволюции. Хорошо известно, что вода обладает многими особыми свойствами, которые делают её хорошим растворителем. Среди них на первое место надо поставить диэлектрические свойства воды, определяемые строением её молекул и их полярностью. У воды диэлектрическая постоянная равна 81. Это значит, что сила связи разноимённых ионов или других частиц, помещённых в воду, уменьшается в 81 раз. Следовательно, сам факт помещения твёрдого тела в водный раствор приводит к появлению силы, которая резко ослабляет связи ионов между собой и способствует их переходу в раствор.

Но и это не всё. Вода обладает и многими другими свойствами, определяющими её способность к растворению практически всех соединений. Речь идёт о диссоциации, химическом разложении, гидратации ионов, их тепловом перемещении, специфических свойствах окисления и восстановления, сорбции и десорбции элементов. Эти свойства при взаимодействии воды с твёрдым телом приводят к тепловым или другим энергетическим эффектам растворения.

Между водным раствором и твёрдой фазой всегда есть энергетический барьер, обеспечивающий передачу энергии, её выравнивание, рост или падение в системе. Дело в том, что твёрдые вещества, попав в воду, тут же с ней взаимодействуют, а возникающие при этом соединения, переходя в раствор, продолжают вступать с ним в реакцию, хотя и по другому механизму, например по механизму гидратации. В результате возникают иные соотношения атомов, которые образуют новое твёрдое соединение, энергетическое состояние которого резко отличается от исходного, растворяемого. Важно, что при этом меняется и характер среды, и её энергетическое состояние.

Первичным источником энергии такой эволюции выступает Солнце, обогревающее нашу планету и определяющее неравновесность воды с базальтами. Пока сохраняется эта неравновесность, сохраняется и сила эволюции, а значит, и процесс созидания. Как было показано выше, неравновесность между водным раствором и базальтом поддерживается в течение всего времени

взаимодействия, что приводит к возникновению в гидродинамических и химических системах порядка и рождению новых диссипативных структур [17], а следовательно, и размножению систем.

Действительно, из одной материнской системы возникают новые, дочерние, состоящие из гидрогенно-минеральных комплексов [6, 11]. Появление новой системы вода—вторичный минерал, безусловно, разнообразит окружающий мир, поскольку растёт число новых минеральных образований, солёность воды, содержание в ней химических элементов, количество комплексных соединений. Всё это вместе отражает наличие в рассматриваемой системе саморазвивающегося процесса, так как он протекает от частей разрозненных к частям связанным, что является важнейшим признаком самоорганизующихся систем [14].

Образование любого вторичного продукта начинается с зародыша. Появление каждого зародыша — уникальное событие для планеты в целом, поскольку оно знаменует создание новых кирпичиков возникающего мира, формирование в каждом случае новой ветви эволюции. Появление очередного зародыша — это не случайное, а строго закономерное явление, следствие фундаментального процесса — преобразования водой ранее существовавших пород. При этом образуется не просто новый минерал, но и геохимическая среда, вне которой формирование любого минерала невозможно. Возникнув однажды на нашей планете, эта новая среда остаётся на ней навсегда и постепенно всё больше захватывает окружающее геологическое пространство. И этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока сохраняется материнская система вода—базальты.

Конечно, некоторая доля вторичных образований растворяется новыми порциями воды, поступающей в горные породы в процессе климатического круговорота, поскольку попадающая сюда вода неравновесна с образованными ранее в другой среде минералами. Но эта новая порция воды быстро достигает равновесия со вторичными минералами, и как только снова попадает в базальты, процесс их воспроизводства возобновляется. В итоге количество новообразованных продуктов и сопровождающих их водных растворов в системе постоянно растёт.

Приведённые данные, на наш взгляд, однозначно свидетельствуют, что уже в неживой материи в предбиологический этап её развития началась эволюция минерального вещества. Результаты такой эволюции хорошо известны геологам. Это осадочные и метаморфические породы, руды, вторичные минералы, коры выветривания, многочисленные типы вод разного состава (минералы воды, по В.И. Вернадскому). Эволюция системы вода—порода по своим результатам чем-то подобна биологическому размножению, по-

скольку она приводит к появлению всё новых и новых вторичных дочерних подсистем [18].

Принципиальная особенность такой эволюции — её обусловленность внутренними механизмами, независимыми ни от каких внешних факторов [19]. Суть внутренней эволюции заключается в непрерывном стремлении воды растворять минералы базальтов и формировать новые из водного раствора. В природе нет сил, которые могли бы остановить это взаимодействие, поскольку оно составляет сущность системы, её внутреннее свойство, без которого она невозможна. Система существует до тех пор, пока есть взаимодействие, а взаимодействие будет происходить до тех пор, пока есть вода и порода. Взаимодействие прекращается только с исчезновением одного из этих компонентов.

Вода с базальтами представляет собой внутренне противоречивую систему, способную развиваться всегда и всюду, где есть вода и базальты. Эта система является открытой, она не изолирована от внешней среды. Она получает вещество и энергию из атмосферных осадков, то есть из внешней среды, но ни один из внешних факторов (давление, температура, магнитные и электрические поля, землетрясения, состояние атмосферы и гидросферы, магматизм и т.д.) не может оказывать запретительное воздействие на характер её эволюции. Внешние факторы могут ускорять или замедлять процессы взаимодействия в рассматриваемой системе, изменять их направленность, продолжительность, скорость, но не могут остановить само взаимодействие, а значит, и формирование нового окружающего мира.

Вода растворяет базальты потому, что таково её строение, состав и структура, которые несовместимы со строением базальтов. Именно особенности внутреннего строения воды определили сущность и характер её взаимодействия с базальтами и другими породами, которое породило абиогенную эволюцию минерального вещества. Внутренняя эволюция в системе вода—порода—газ, начавшаяся ещё до появления живых организмов, является прямым доказательством отсутствия какой-либо связи эволюции с идеей “власти жизни”. Эту функцию — функцию движущей силы развития — выполняет вода.

МЕХАНИЗМЫ БИОГЕННОГО ЭТАПА ЭВОЛЮЦИИ

Биологическая эволюция стартовала с появлением живых организмов, что бесспорно. К сожалению, начало этой эволюции многие учёные принимают и за начало на нашей планете эволюции в целом, которую называют глобальной, общей, земной и т.д. С другой стороны, под эволюцией понимают и любое развитие материи в целом, Вселенной, Галактики, звёзд, Солнца, Земли, пла-

нет и т.д. [20]. Представляется, что ограничивать эволюцию биологическим этапом жизни неверно, поскольку при таком подходе теряются её истоки, она выглядит случайной, чужеродной, что и ведёт к идеям панспермии [21]. Этот подход, вероятно, сложился под большим влиянием идей Ж.Б. Ламарка, который считал, что только в живом организме происходят процессы усложнения материи. Конечно, рассматривать любое изменение состояния вещества как эволюцию тоже неверно. Поэтому в своих работах мы пользуемся термином “абиогенная эволюция”, начало которой связано с неживой материей и появлением воды, её взаимодействием с горными породами. Лишь после возникновения живой материи можно говорить о биологической эволюции. Вместе эти два типа образуют глобальную эволюцию, глубоко преобразующую нашу планету.

Под влиянием идей Ж.Б. Ламарка о действии “власти жизни” только в живых организмах наука в течение долгого времени искала отличие живых тел от неживых. Сам Ламарк насчитывал 10 отличительных признаков живых организмов от косных, К. Бернал — 5 главных свойств, В.И. Вернадский — 16 и т.д. В самое последнее время В.С. Савенко показал, что ряд признаков, которые ранее относили только к живым организмам, фактически имеет место и в минеральных системах [22]. Это касается, например, видовой индивидуальности организмов, способности их к обмену веществом и энергией с окружающей средой, этапов жизни, захвата геологического пространства. Оказалось, что все эти свойства, процессы, способности присутствуют как в живых, так и в неживых системах. Поэтому сейчас наука сосредоточилась на поиске не отличий, а общих черт в эволюции живой и неживой материи [11, 17].

Несмотря на исключительную сложность живого вещества, черты его единства с косным всё-таки есть. Прежде всего очевидно, что живая и косная материя развиваются по единым законам физики, химии, механики, геологии и т.д. Так, М.В. Крылов и М.Н. Либенсон считают, что признаками единства живого с неживым являются их способность к усложнению, системное разрешение, последовательность эволюционных преобразований и блочный принцип эволюции [23]. Но наиболее обстоятельно этот вопрос решается в рамках синергетики, согласно которой живые системы относятся к стационарным, необратимым, развивающимся в неравновесных условиях, непрерывно захватывающим пространство подобно тому, как это делают неживые диссипативные структуры [14, 15]. По Г. Николису и И. Пригожину, диссипативные системы, которые развиваются вдали от равновесия при изменении констант среды или некоего управляющего параметра, под воздействием даже слабых возмущений или флуктуаций постепенно теряют устойчи-

вость и меняют направление своего развития. При этом возможно возникновение в живых и неживых системах нескольких новых устойчивых и неустойчивых состояний, а исходная (материнская) система может полностью исчезнуть [24]. Обнаружение единства черт эволюции живой и неживой материи, преемственности в развитии объектов, ранее казавшихся несравнимыми, оказывается более эффективным и плодотворным, чем поиск различий.

Но какое же отношение имеют живые системы к взаимодействию воды с базальтами? На первый взгляд такая связь незаметна, но только на первый. Если смотреть глубже, то она чётко проявляется. Во-первых, нет живых систем без воды, все они содержат не менее 60% воды по весу. Отсюда понятно, что вода играет в живых организмах совершенно особую роль. Во-вторых, хотя основная масса органических соединений образуется из CO_2 и H_2O в процессе фотосинтеза, источниками всех других элементов, включая Na, K, Mg, Fe, Si, P, S, Zn, Se, без которых жизнь невозможна, являются базальты и продукты их взаимодействия с водой и водой же доставляемые в организм. Но вода — не только транспортное средство: она определяет состав и место образования любого синтезируемого в живом организме соединения, выступает той силой, которая движет глобальную эволюцию. Неслучайно вода пронизывает всё живые, косные и биокосные образования, создавая внутренне противоречивые равновесно-неравновесные системы, прообразом которых служит система вода—базальты.

Всё живое развивается в открытых стационарных системах, получающих вещество и энергию из внешних сред. Такие системы всегда являются неравновесными и самоорганизующимися [24]. В них непрерывно идут процессы синтеза новых соединений, которые равновесны с той средой, в которой они образуются. Вне термодинамического равновесия образование таких сложных соединений невозможно. Рассмотрим этот вопрос применительно к растениям.

Появившись в результате фотосинтеза, молекулы растительного происхождения оказались в той или иной водной среде, в которой уже шло образование минеральных соединений. Сформированная ранее динамически стабильная и термодинамически устойчивая среда при появлении простых органических молекул типа CH_2O получила возможность формировать более сложные и более устойчивые в конкретных условиях среды органические образования. Точно так же, как ранее естественным путём на нашей планете началось формирование вторичных минералов, появление фотосинтеза запустило новый гигантский процесс формирования растительности, состоящей в основном из целлюлозы, синтез которой, вероятно, был одним из самых ранних.

Позже, когда сформировались разные виды растительности со своими органами, каждый из которых наделён специальными функциями, возникла сложная многофункциональная система вода—органическое вещество. Например, корни деревьев, питаясь подземной водой определённого состава, доставляют её в зону действия фотосинтеза, обеспечивают образование разных морфологических элементов — ствола, корней, коры, листьев, цветов, плодов и т.д. Эти процессы протекают в условиях равновесно-неравновесного состояния системы вода—органическое вещество, которая сама развивается в области, далёкой от равновесия. Таким путём обеспечивается непрерывный синтез в водном растворе в условиях равновесия более сложных органических соединений, что гарантирует их стабильность в строго определённых биохимических средах, которые возникают по мере продвижения воды по стволу дерева. Растения получают солнечную энергию в процессе фотосинтеза, а питательные вещества — из воды, которая в свою очередь берёт их из горных пород или атмосферы. Так организуется взаимодействие всех основных компонентов окружающего мира — воды, породы, газов и органических соединений. Но и здесь вода остаётся главным фактором внутренней эволюции, так как она контролирует состав образующихся соединений, характер среды, энергетическое состояние системы, направленность эволюции и т.д.

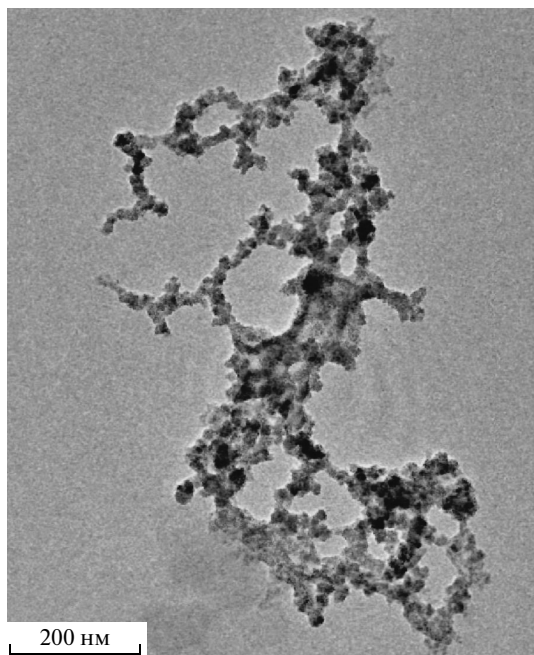
Животные, в отличие от растений, питаются не только водой, но и растительной и мясной пищей, которая неравновесна со средой живого организма и не может усваиваться без предварительной подготовки. Для перевода принимаемой пищи в растворённое состояние у животных имеется специальная система — желудочно-кишечный тракт. Только в растворённом состоянии ионы и молекулы поступают непосредственно в организм, у теплокровных животных — в кровь. В конечном счёте любой живой организм непрерывно получает пищу в растворённом виде. Увеличение концентрации в водной среде организма разных соединений обеспечивает образование зародышей многочисленных сложнейших органических и органоинеральных веществ в строгом соответствии с законами термодинамики. Здесь главным фактором выступает состав раствора, а все формирующиеся вторичные образования равновесны со средой, в которой рождаются, и потому остаются устойчивыми в течение достаточно длительного времени. Возникающие в организмах животных соединения являются более сложными, чем создаваемые в водной среде растений. Они выступают строительным материалом для отдельных органов, резко отличающихся один от другого не только по составу, но и по морфологии, структуре, формам организации, упорядоченности и т.д.

Итак, во всех главных системах (царствах) мира — минеральной, растительной, животной — действуют одни и те же принципы эволюции, обусловленные одними причинами и механизмами. Эти системы развиваются только в водной среде при химическом участии молекул воды в равновесно-неравновесных внутренне противоречивых условиях, далёких от равновесия. Вода всегда растворяет одни исходные соединения (базальты, органические соединения растений и животных, газы) и формирует новые, включая такие, которых на планете ранее не было.

Соответственно, истоки эволюции живого организма тоже связаны с водным раствором, хотя и многократно более сложным по составу относительно минерального мира. Но эта сложность — результат эволюции, начавшейся в минеральном царстве, ключевым фактором которой выступает растворение водой одних соединений и формирование других, более устойчивых в возникающих новых средах. *Превращение одного твёрдого соединения в результате растворения в другое — главный механизм эволюции, который непрерывно разрушает существующий мир и создаёт новый, до того неизвестный.*

Вода определяет механизмы внутренней эволюции в живых и неживых системах. Элементы в водном растворе быстро перераспределяются по всему объёму и получают принципиально новые возможности для взаимодействия с другими его элементами, ионами, комплексами, что ведёт к формированию разнообразных молекулярных ансамблей и ассоциаций, включая принципиально новые. С этой точки зрения совершенно удивительным представляется недавно обнаруженное академиком А.И. Коноваловым образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высококоразбавленных водных растворах [25]. Исключительно важно, что основную часть наноассоциатов составляют молекулы воды и что при наноконцентрациях возникают новые соединения, прежде не известные науке, а ещё раньше не существовавшие в природе. Когда-то и где-то такие соединения появились впервые. Вначале объединение атомов и молекул происходит в растворе, и возникающие новые структуры являются растворёнными. Но по мере их роста, увеличения объёма и веса в благоприятной среде они трансформируются в зародыши твёрдой фазы. Современная техника позволяет под микроскопом увидеть такие наносоединения. В качестве примера на рисунке показаны оксиды Fe, обнаруженные в чистых питьевых водах в районе г. Вашингтона [26].

Таким образом, уже “первое свидание” ионов в растворе при благоприятных термодинамических условиях заканчивается возникновением новых соединений. Поскольку таких “свиданий” много, то они обеспечивают рождение новой среды и, соответственно, нового мира, который есть



Наночастицы оксидов Fe, найденные в питьевых водах района. Вашингтон, США

результат взаимодействия ионов, атомов, молекул в благоприятном для этого водном растворе.

Рождённые в водном растворе в результате внутренней эволюции вторичные образования, с одной стороны, оказываются в новой для себя среде, параметры которой (Т, Р, С, физические поля и др.) могут резко меняться и не всегда способствуют сохранению вторичных образований, независимо от того, живые они или неживые. Ведь, скажем, водный поток, возникший после бурного дождя, может их унести в другую среду, где они будут разрушены, не говоря уже о том, что внешняя среда иногда оказывается враждебной к новым образованиям. С другой стороны, эти образования только потому и появились, что для них сложились благоприятные условия, которые гармонируют с ними по всем параметрам — структуре, составу, строению, физическим, химическим, биохимическим свойствам. Сформировавшийся вторичный продукт существует до тех пор, пока сохраняется породившая его среда. В свою очередь, такая среда будет поддерживаться, если взаимодействие в системе вода—порода—газ—органическое вещество происходит при тех же параметрах, которые обеспечили появление вторичного продукта. Только в этом случае его объём непрерывно растёт, захватывает окружающее пространство и, главное, оно оказывается стабильным и стойким в изменяющемся внешнем мире.

Согласованность параметров окружающей среды и нового соединения — залог их устойчивости, которая могла возникнуть только в открытой си-

стеме, в изолированном и ограниченном пространстве, в котором процессы, создавшие их, стабилизированы: обеспечено строгое динамическое и химическое равновесие, существенно не меняются скорость поступления и количество воды в системе, растворяется одно и то же количество минералов, газов, органических веществ, стабильно формируются новые вторичные продукты и т.д. Меняется только одно — состав воды, которая продолжает накапливать те химические элементы, которые не достигли равновесия ни с одной из твёрдых фаз. Это обстоятельство приводит к тому, что характер твёрдой фазы меняется и появляется очередная дочерняя система иного состава, структуры, строения. Это и есть механизм глобальной эволюции, характер которой со временем меняется.

Целенаправленное преобразование мира (неживого и живого), которое началось с появлением воды и которое до сих пор только набирает обороты, не могло быть случайным, поскольку зиждется оно на фундаментальных законах мироздания. В этом грандиозном шоу, как называет эволюцию Р. Докинз [27], нет места случайностям, а есть строго выверенное поступательное движение, укладывающее кирпичики мироздания в строгом соответствии с внутренней структурой возникающих соединений и их ансамблей. К сожалению, биологическая наука до сих пор рассматривает эволюцию как случайное явление. Даже предложена гипотеза, в соответствии с которой случайности имеют свои закономерности, которые на разных этапах эволюции определяются разными факторами. Исходя из этого принципа, Е.В. Кунин определяет эволюцию жизни как “преимущественно стохастический процесс, основанный на *исторической случайности* (выделено мной. — С.Ш.), ограниченный прежде всего разнообразными условиями поддержания основ биологической организации и модулируемый механизмом адаптации” [28, с. 1050]. Нам представляется, что с этим невозможно согласиться хотя бы потому, что при таком подходе полностью игнорируются общеизвестные научные факты, в первую очередь неравновесность системы как источник строгого порядка.

Эволюция жизни, как и любая другая, потому и возможна, что в ней нет случайностей, которые ведут не к порядку, а к хаосу. Ни одно соединение в растворе (ион, ионная пара, комплекс) не может появиться случайно, вне законов термодинамики. Это касается и любого вторичного минерала, геохимического типа воды, гидрогенно-минерального комплекса, живого существа, всех его органов и жизни в целом.

Трудно согласиться и с утверждением Р. Докинза, что “свидетельств относительно момента начала эволюции на планете у нас нет” [27, с. 429]. Смотря как к этой проблеме подходить.

Если считать, что эволюция началась с абиогенных процессов, тогда понятно, что она была запущена появлением воды и её взаимодействием с горными породами. Иначе говоря, начало эволюции положено первой реакцией воды с базальтами и возникновением первого зародыша вторичного минерала, которым наиболее вероятно был гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$. Другие минералы могли появиться значительно позже, поскольку константы реакций их образования значительно выше (см. табл.). В любом случае за гиббситом последовали другие образования. Тем самым начался грандиозный процесс эволюции неживой материи, который по многим признакам был позже унаследован и живой.

При таком подходе, вопреки взглядам Р. Докинза и многих других биологов, эволюция не является исключительным, произошедшим только один раз на Земле, и тем более во всей Вселенной благодаря случайному стечению многих обстоятельств событием. Эволюция предрешена естественными причинами — появлением воды, её взаимодействием с базальтами является не случайным, а строго закономерным, обусловленным фундаментальными законами термодинамики, по которым развивается система вода—порода. Формирование вторичных минералов в строгом соответствии с геохимической средой, с её термодинамическими параметрами обусловлено внутренней сущностью развития этой системы вне зависимости от каких-либо внешних факторов. Однажды начавшись, этот процесс продолжается уже в течение 4.5 млрд. лет исключительно стабильно, так как базируется на фундаментальных законах мироздания.

Абиогенная эволюция подготовила почву для возникновения и эволюции жизни, которая, в свою очередь, не только унаследовала основные механизмы геологической эволюции, но и создала множество принципиально новых, ещё более сложных соединений и процессов, таких как репликация, клетка, движение, зрение, сознание, мозг и т.д. [29]. Лестница жизни строилась, непрерывно усложняясь, но сохраняя исходные базовые позиции, определяемые глубоким антагонизмом между водным раствором и базальтами, позже унаследованной системой вода—органическое вещество.

* * *

С появлением воды на нашей планете возникла неравновесная внутренне противоречивая система вода—базальты, обладающая способностью к внутренней эволюции, независимой от внешних факторов и неподвластная никаким другим силам, кроме вечного стремления растворять минералы базальтов и формировать новые, включая те, которых прежде на Земле не было. Результа-

том эволюции этой системы явилось формирование разнообразных вторичных минеральных комплексов в тесной ассоциации с определёнными геохимическими типами воды и возникновение нового минерального мира, представленного дочерними продуктами материнской системы вода—базальты.

Порождённый таким образом новый мир отличается наличием разнообразных водно-минеральных комплексов, богатых тонкозернистыми (глинистыми) минералами и физически связанной водой, обладающей иными термодинамическими параметрами. Тем самым была подготовлена среда, необходимая для протекания фотосинтеза и образования органических соединений. Возникла новая система вода—органическое вещество, которая, как и вода—порода, носит равновесно-неравновесный характер и обладает тем же свойством непрерывно растворять одни соединения и синтезировать другие, более устойчивые в конкретных условиях среды. Результатом эволюции этой системы явилось образование принципиально нового растительного царства, ещё более многообразного, сложного и обогащённого физически связанной водой, способной усваивать солнечную энергию.

Система вода—порода—органическое вещество обеспечила формирование крайне разнообразных геохимических и биогеохимических сред, более сложные органические молекулы и соединения, что способствовало развитию животного мира, который мог питаться всё более сложными продуктами и, соответственно, усложнять водный (позже кровяной) раствор, как и непрерывно синтезируемые в организме соединения и целые органы. При этом сам механизм взаимодействия водного раствора с органическими соединениями растительного и животного происхождения сохраняется: растворение одних соединений, формирование новых, более устойчивых в изменяющейся среде. Поддерживается и механизм внутренней эволюции, при котором возникающее новое соединение образует со средой единый продукт, одно устойчивое целое.

Таким образом, неравновесность воды с базальтами явилась тем спусковым механизмом, который определил направление глобальной эволюции. А значит, эволюция обусловлена не взаимодействием земных оболочек, но взаимодействием главных компонентов (стихий) окружающего мира — воды, породы, газов и органического вещества. Наш великий соотечественник Владимир Иванович Вернадский был прав.

Статья подготовлена при финансовой поддержке госзадания “Наука” № 5.1931.2014/К.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Khain V.E.* The interaction between the Atmosphere, the Biosphere, and the Lithosphere is the Most Important Process in the Earth's Development // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2007 № 5; *Хаин В.Е.* Взаимодействие атмосферы, биосферы и литосферы — важнейший процесс в развитии Земли // Вестник РАН. 2007. № 9.
2. *Lovelock J.* Living planet // Geoscientist. 2006. V. 16. № 10.
3. *Hsu K.J.* Gaia endothermic? // Geol. Mag. 1992. V. 129. № 2.
4. *Rosing M.T., Bird D.K., Sleep N.H. et al.* The rise of continent — An essay on the geologic consequences of photosynthesis // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2006. V. 232.
5. *Вернадский В.И.* История природных вод. М.: Наука, 2003.
6. *Shvartsev S.L.* Where did Global Evolution Begin? // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2010. № 2; *Шварцев С.Л.* С чего началась глобальная эволюция? // Вестник РАН. 2010. № 3.
7. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991.
8. *Ферронский В.И., Поляков В.А.* Изотопия гидросферы Земли. М.: Научный мир, 2009.
9. *Шварцев С.Л.* Общая гидрогеология. Изд. 2-е, перераб. и дополн. М.: Альянс, 2012.
10. *Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л. и др.* Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода—порода. Т. 1. Система вода—порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.
11. *Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др.* Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода—порода. Т. 2. Система вода—порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007.
12. *Shvartsev S.L.* Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the earth // Geochem. Intern. 2008. V. 46. № 13.
13. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Недра, 1998.
14. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979.
15. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / Перевод с англ. Изд. 4-е. М.: УРСС, 2003.
16. *Шварцев С.Л.* Как образуются сложности? // Вестник РАН. 2014. № 7.
17. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: КомКнига, 2006.
18. *Шварцев С.Л.* Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода—горная порода и её внутренняя геологическая эволюция // Литосфера. 2008. № 6.
19. *Shvartsev S.L.* The Internal Evolution of the Water—Rock Geological System // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. № 2; *Шварцев С.Л.* Внутренняя эволюция геологической системы вода—порода. // Вестник РАН. 2012. № 3.
20. *Рябинин Г.А.* Тайные грани эволюции. Основы космической безопасности. СПб.: Петрополис, 2004.
21. *Shvartsev S.L.* Water As the Main Factor of Global Evolution // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2013. № 1; *Шварцев С.Л.* Вода как главный фактор глобальной эволюции // Вестник РАН. 2013. № 2.
22. *Савенко В.С.* Что такое жизнь? Геохимический подход к проблеме. М.: ГЕОС, 2004.
23. *Крылов М.В., Либенсон М.Н.* Особенности эволюции живой и неживой материи // Вестник РАН. 2008. № 2.
24. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М.: Мир, 1990.
25. *Konovalov A.I.* The Formation of Nanosized Molecular Ensembles in Highly Dilute Aqueous Solutions // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2013. № 6; *Коновалов А.И.* Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах // Вестник РАН. 2013. № 12.
26. *Wigginton N.S., Haus K.L., Hochella M.F.* Aquatic environmental nanoparticles // J. of Environ. Monitoring. 2007. V. 9. № 12.
27. *Докинз Р.* Самое грандиозное шоу на Земле. Доказательства эволюции. М.: Астрель; Corpus, 2013.
28. *Кунин Е.* Логика случая: О природе и происхождении биологической эволюции. М.: Центрполиграф, 2014.
29. *Лейн Н.* Лестница жизни. М.: АСТ; CORPUS, 2014.

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ

DOI: 10.7868/S0869587315070075

“ЭФФЕКТЫ” ЗЕЛЬДОВИЧА, ЗАПЕЧАТЛЁННЫЕ НА НАШЕМ НЕБЕ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Я.Б. ЗЕЛЬДОВИЧА



Яков Борисович Зельдович (1914–1987) — один из наиболее результативных физиков, физикохимиков, астрофизиков, космологов XX столетия, академик АН СССР, трижды Герой Социалистического Труда, один из создателей ракетно-ядерного щита СССР и России. Он родился 8 марта 1914 г. в Минске. Закончил аспирантуру Института химической физики АН СССР в Ленинграде, в 1931 г. стал сотрудником этого института. С 1941 по 1943 г. вместе с институтом был в эвакуации в Казани, с 1946 г. стал заведующим его теоретическим отделом и одновременно профессором Московского механического института (впоследствии — Московский инженерно-физический институт). В 1946 г. (в 32 года) избран членом-корреспондентом АН СССР. С 1948 по 1964 г. работал в Арзамасе-16 (Саров) над созданием ядерного и термоядерного оружия. С 1964 по 1983 г. он — заведующий отде-

лом теоретической астрофизики в Институте прикладной математики АН СССР, в 1974–1987 гг. — заведующий отделом теоретической астрофизики, затем — консультант дирекции в Институте космических исследований АН СССР, с 1966 г. — профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. С 1983 г. — заведующий теоретическим отделом Института физических проблем АН СССР и отделом релятивистской астрофизики Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга при МГУ. Автор более 500 научных статей и 29 учебников и монографий. Награждён Ленинской и четырьмя Государственными (Сталинскими) премиями за работы по оборонной тематике, международными медалями им. Н. Мансона и Б. Льюиса — за работы по газодинамике взрыва и ударным волнам, Золотой медалью АН СССР им. И.В. Курчатова — за предсказание свойств ультрахолодных нейтронов и их обнаружение. За работы в области космологии и релятивистской астрофизики он награждён Золотой медалью им. К. Брюс Тихоокеанского астрономического общества, Золотой медалью Королевского астрономического общества, медалью им. П. Дирака Международного центра теоретической физики им. А. Салама, премией им. А.А. Фридмана РАН по гравитации и космологии. Был избран иностранным членом Лондонского королевского общества, Национальной академии наук США, Германской академии естествоиспытателей “Леопольдина” и многих других академий наук и научных обществ. К числу важнейших достижений Я.Б. Зельдовича следует отнести созданную им замечательную школу теоретической релятивистской астрофизики и космологии, в которую входят по меньшей мере полтора десятка ныне всемирно известных учёных, продолживших его дело в этой быстро развивающейся области науки.

Яков Борисович Зельдович, столетие со дня рождения которого недавно отметили по всему миру, внёс основополагающий вклад не только в создание ядерного щита нашей страны, что хорошо известно, — он оставил яркий след во многих областях фундаментальной физики. Начинать как специалист в области химической физики (адсорбция и катализ на неоднородных поверхностях). Предложенный им высокотемпературный механизм окисления азота носит его имя и широко известен экологами, в частности, он важен для объяснения природы кислотных дождей. Затем ЯБ (как звали его друзья и ученики) перешёл к гидродинамике и физике ударных волн (ударные волны разрежения, структура фронта ударной волны, быстрый удар по поверхности), теории горения и взрыва (предел детонации, поджог накаливаемой поверхностью, тепловое распространение пламени) и в итоге заложил основы внутренней баллистики ракетных пороховых двигателей. По возвращении из Арзамаса-16 в 1964 г. ЯБ занялся ядерной физикой низких энергий (удержание ультрахолодных нейтронов, образование и распад сверхтяжёлого гелия ${}^8\text{He}$) и теорией элементарных частиц (понятие лептонного заряда, бета-распад заряженных пионов и — совместно с С.С. Герштейном — сохранение векторного тока при слабых взаимодействиях), он внёс весомый вклад во все эти области исследований.

Последнюю четверть века своей жизни ЯБ посвятил релятивистской астрофизике и космологии, получив замечательные результаты. Удивительно, прошло уже 27 лет, как его нет с нами, но практически на каждой конференции по космологии звучат известные всем словосочетания: “приближение Зельдовича”, “спектр Зельдовича—Гаррисона”, “эффект Сюняева—Зельдовича”. Эффекты, связанные с именем Зельдовича, будут наблюдаться на небе в течение многих миллиардов лет. Здесь мы хотели бы рассказать о некоторых наиболее известных таких эффектах, проявления которых сейчас интенсивно изучаются. Предсказания и методы, предложенные ЯБ, позволяют открывать на небе с помощью специализированных радиотелескопов, установленных по всему миру, новые интереснейшие объекты, эффективно моделировать (воспроизводить) эволюцию Вселенной, используя мощные суперкомпьютеры, изучать и познавать свойства Вселенной как целого.

К столетию выдающегося учёного были приурочены несколько знаменательных событий. В Москве между Ленинским проспектом и улицей Косыгина, на которой он жил, появилась улица академика Я.Б. Зельдовича. Российская академия наук утвердила Золотую медаль им. Я.Б. Зельдовича, присуждаемую за выдающиеся работы в области физики и астрономии. В Москве и Таллине в его честь прошли две круп-

ные международные конференции по астрофизике высоких энергий и космологии, на которых широко обсуждались описанные ниже эффекты.

КРУПНОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ. ПРИБЛИЖЕНИЕ И “БЛИНЫ ЗЕЛЬДОВИЧА”

Вычислительная космология превратилась в важнейший метод научных исследований лишь в последние 20–25 лет. Этому способствовало появление суперкомпьютеров с большим объёмом памяти быстрого доступа, современных методов отображения данных, новых методов компьютерного моделирования. Стало реальным просчитать траектории и запомнить положение огромного числа гравитационно взаимодействующих частиц.

В 1970 г. ЯБ ввёл так называемое *приближение Зельдовича*, учитывающее в простой и элегантной математической форме основные детали динамики невзаимодействующих частиц в ходе роста возмущений плотности и скорости вещества в расширяющейся Вселенной [1, 2]. Эти фактически математические статьи набрали более 1500 ссылок в астрофизической литературе. Полученное в них решение предсказывало существование на небе плоских структур (“блинов Зельдовича”) и филаментов, оно впервые продемонстрировало, какой является структура Вселенной. Впоследствии эта ныне наблюдаемая структура была названа *космической паутиной*. Астрофизические аспекты процесса образования структуры Вселенной в приближении Зельдовича — образование ударных волн, охлаждение сжатого вещества и его конденсация — рассмотрены в статье [3]. В конце прошлого — начале нынешнего века гигантские пустые области во Вселенной, окружённые сгущениями галактик, были обнаружены при выполнении глубоких обзоров неба (рис. 1).

Бурно развивающиеся вычислительные методы позволяют всё дальше уходить в область нелинейности, вплоть до образования галактик, скоплений и сверхскоплений галактик, а также громадных пустых областей между ними. Казалось бы, время приближения Зельдовича кануло в Лету, но неожиданно выяснилось, что детальные расчёты на квазилинейной стадии роста возмущений при больших красных смещениях приводят к картине, практически идентичной той, которую предсказывало приближение Зельдовича. Сегодня во всём мире специалисты начинают расчёты на суперкомпьютерах со структуры ранней Вселенной, полученной в приближении Зельдовича, и затем продолжают их в глубоко нелинейную область. Такой подход позволяет заметно сократить требуемое вычислительное время на крупнейших в мире суперкомпьютерах, используемых для рас-

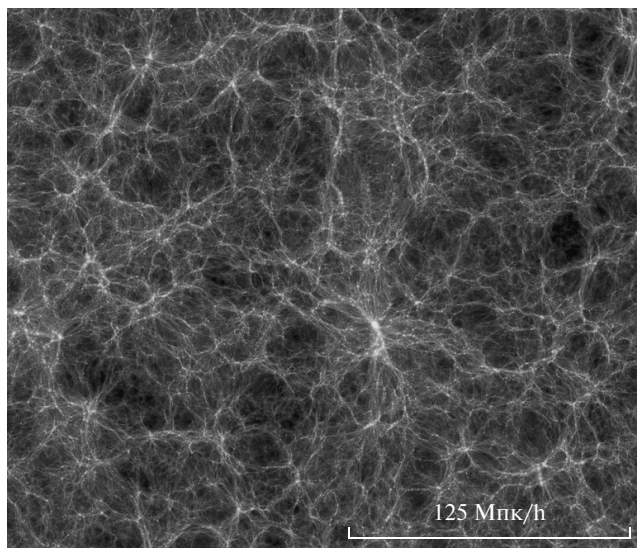


Рис. 1. Результат моделирования крупномасштабной структуры Вселенной в рамках стандартной космологии, более 10^{10} частиц (Millennium Simulation, Институт астрофизики Общества им. Макса Планка). Рисунок демонстрирует тонкий срез (толщиной 16 Мпк) рассчитанной “Вселенной”. Отчётливо видна “космическая паутина”, возникшая в результате роста адиабатических возмущений плотности. В узлах “паутины” находятся массивные скопления галактик. Бар задаёт масштаб 125 Мпк

чёта эволюции крупномасштабной структуры Вселенной при доминирующей роли тёмного вещества. На недавнем симпозиуме Международного астрономического союза в Таллине “Вселенная Зельдовича: генезис и рост космической паутины” профессор Ади Нуссер из Техниона (Хайфа) нашёл замечательно точные слова, выразившие отношение 180 участников симпозиума из многих ведущих стран мира к вкладу ЯБ в численную и наблюдательную космологию: “Удивительно простое приближение Зельдовича является основой для значительной части нашего понимания динамики образования структуры Вселенной, а также для развития методов анализа данных”.

КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ ВОДОРОДА, ПОВЕРХНОСТЬ ПОСЛЕДНЕГО РАССЕЯНИЯ, ЧЕРНОТЕЛЬНАЯ ФОТОСФЕРА ВСЕЛЕННОЙ

Все астрофизики, занимающиеся историей расширения Вселенной, признают в качестве важнейших следующие этапы её развития: инфляционная стадия, стадия аннигиляции электронов и позитронов, стадия ухода нейтрино из термодинамического равновесия с другими частицами, стадии ядерного синтеза гелия, дейтерия, гелия-3, лития. В последние 15 лет популярным стал термин “поверхность последнего рассеяния”, связанный со стадией рекомбинации

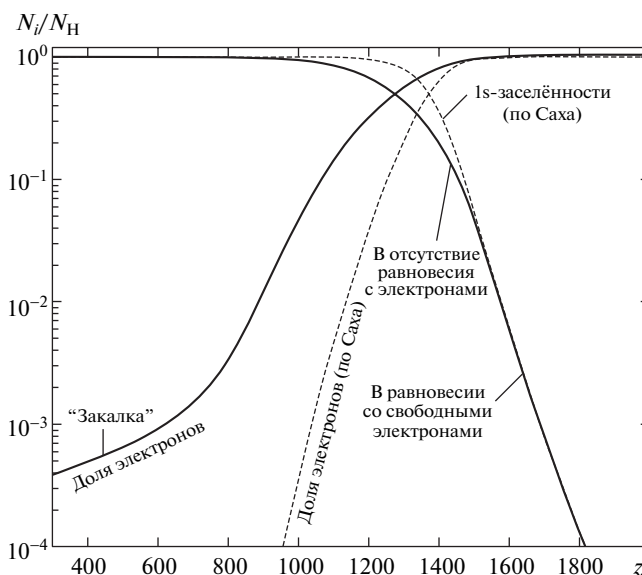


Рис. 2. Отличие реальной истории рекомбинации водорода от описываемой классической формулой Саха [6]. Рекомбинация сильно задержана из-за “узкого горлышка”, связанного с трудностью выхода фотонов из резонанса L_α и низкой эффективностью двухфотонного перехода $2s-1s$ в атоме водорода

водорода во Вселенной. Местоположение этой поверхности и её “размытость” (эффективная толщина) были впервые найдены в работе Зельдовича [4]. Общепринятое сейчас название поверхности, столь удачно отражающее её смысл, было введено в обиход заметно позднее.

В 1968 г. ЯБ с соавторами показали, что ход рекомбинации во Вселенной отнюдь не описывается простой формулой Саха [5]. Рекомбинация оказывается сильно затянута из-за трудности с выходом L_α -фотонов из резонанса. В работе [5] была выявлена важная роль двухфотонного распада уровня $2s$ в атоме водорода в уменьшении населённости возбуждённых уровней водорода и определении темпа космологической рекомбинации. Напомним, что вероятность распада уровня $2p$ в атоме водорода на 8 порядков величины превышает вероятность распада уровня $2s$ (соответственно 8.22 с^{-1} и 10^9 с^{-1}). Именно точный расчёт процесса рекомбинации позволил авторам статьи [4] в 1970 г. найти положение поверхности последнего рассеяния — соответствующее ей красное смещение $z_r \sim 1100$, возраст Вселенной в то время составлял всего 380 000 лет (рис. 2).

До рекомбинации, при красных смещениях $z > z_r$, свободный пробег фотонов был много меньше текущего горизонта Вселенной. Так как основным процессом, определяющим пробег, было томсоновское рассеяние на свободных электронах, фотоны не могли двигаться прямо, а испытывали

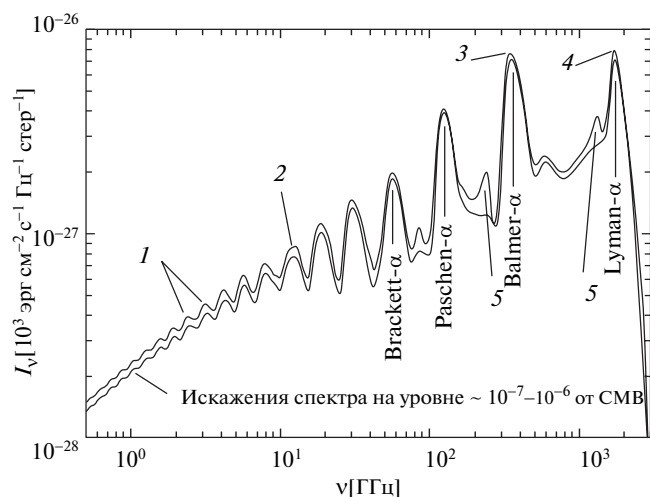


Рис. 3. Искажения в спектре реликтового излучения (СМВ), связанные с рекомбинацией водорода и гелия в ранней Вселенной [7]. Линии водорода, гелия и однократно ионизованного гелия смещены космологическим красным смещением в ~ 1400 раз в миллиметровый и радиодиапазон. Нижняя кривая показывает излучение водорода, верхняя — суммарное излучение водорода и гелия (обе рекомбинации). Стрелками показаны

1 — переходы между высоковозбуждёнными уровнями; 2 и 3 — изменения в форме линий и их положении из-за присутствия гелия во Вселенной; 4 — фотоны, испущенные при $z \sim 1400$; 5 — особенности, связанные с присутствием гелия

многократные рассеяния — диффундировали. После рекомбинации водорода плазма стала электронейтральной, плотность электронов резко упала, фотоны начали распространяться по всё более просветляющейся Вселенной, не встречая на своём пути свободных электронов. Подавляющее большинство наблюдаемых фотонов приходит к нам без единого рассеяния с момента рекомбинации, при этом они несут информацию о малых неоднородностях в распределении плотности и скорости электронов в зоне поверхности последнего рассеяния. Данные спутников WMAP и Planck подтвердили, что красное смещение z_r , на котором находится поверхность последнего рассеяния, и её размытость (эффективная толщина) согласуются с предсказаниями статьи [4] с точностью до нескольких процентов.

Одним из важных выводов теории космологической рекомбинации является предсказание присутствия в спектре реликтового излучения эмиссионных линий атомов водорода и гелия, сдвинутых космологическим красным смещением в ~ 1000 раз в диапазон радио- и миллиметровых длин волн [7] (рис. 3).

Наряду с поверхностью последнего рассеяния другой замечательной поверхностью является «чернотельная фотосфера Вселенной». Наша Вселенная удивительна — средняя плотность привычного нам барионного вещества в ней очень

мала. Средняя плотность электронов и протонов до образования звёзд и галактик была близка к $\sim 2 \times 10^{-7} (1+z)^3 \text{ см}^{-3}$, тогда как плотность фотонов реликтового излучения во Вселенной составляет $\sim 400 (1+z)^3 \text{ см}^{-3}$. Отношение числа фотонов к числу электронов составляет $\sim 2 \times 10^9$, не зависит от красного смещения z и характеризует удельную энтропию Вселенной, то есть наша Вселенная радиационно-доминированная. При красных смещениях до рекомбинации $z > z_r \sim 10^3$ плотность энергии излучения превышает плотность энергии $\rho_B c^2$ в массе покоя для барионов, а при $z > 10^4$ плотность энергии излучения превышает и плотность энергии в массе покоя $\rho_D c^2$ тёмного вещества.

После открытия реликтового излучения, а это произошло 50 лет назад, потребовалось ещё 20 лет, чтобы показать, что оно действительно изотропно (отклонения от изотропии не превышают 10^{-4}), а его спектр удивительно близок к спектру чернотельного излучения. Достаточно долго в литературе муссировался вопрос о возможных отклонениях спектра на малых ($h\nu \ll 3kT_r$) и больших ($h\nu \gg 3kT_r$) частотах (здесь T_r — температура реликтового излучения). Спутник COBE продемонстрировал, что эти отклонения не превышают 10^{-4} от амплитуды спектра.

ЯБ воспринял как нечто само собой разумеющееся, когда один из авторов данной статьи продемонстрировал ему, что наша Вселенная прозрачна по тормозному поглощению вплоть до красного смещения $z \sim 10^8$, то есть почти до времени синтеза гелия во Вселенной и аннигиляции электрон-позитронных пар. В то время оптическая толща Вселенной по томсоновскому рассеянию превышала 10^7 . Возникает естественный вопрос: когда и где был сформирован почти идеальный чернотельный спектр, который сейчас наблюдается? Чернотельное излучение замечательно тем, что его яркостная температура однозначно определяет как полную энергию излучения в единице объёма, так и плотность числа фотонов. В статье [8] было впервые показано, что многократные рассеяния фотонов на тепловых электронах приводят к формированию бозе-эйнштейновского спектра с химическим потенциалом, учитывающим недостаток фотонов. Комptonизация — красивейший физический процесс, связанный с изменением частоты фотона при его рассеянии на движущихся электронах. Изменение частоты фотонов на низких $h\nu < 4kT_r$ энергиях происходит за счёт доплер-эффекта. При многократных рассеяниях на движущихся в разных направлениях электронах он во втором порядке величины приводит к медленному сдвигу фотонов вверх по оси частот. На частотах же $h\nu > 4kT_r$ доминирует эффект отдачи, и фотоны сдвигаются в

результате рассеяний уже вниз по оси частот. Так формируется бозе-эйнштейновский равновесный спектр излучения.

Почему мы говорим о недостатке фотонов? Представим себе, что во Вселенной, в которой излучение имеет чернотельный спектр, впрыскивается энергия, например, в результате распада каких-либо экзотических частиц типа тёмного вещества или затухания акустических волн, возникших на ранней стадии эволюции Вселенной. Эти процессы могут приводить к заметному энерговыделению, но не способны родить большое число фотонов. Поэтому электронная температура начнёт превышать температуру излучения, а последующие рассеяния и комптонизация приведут к формированию бозе-эйнштейновского спектра с дефицитом фотонов относительно чернотельного спектра с той же температурой (рис. 4). В работах [4, 8] указан путь превращения бозе-эйнштейновского спектра в чернотельный спектр реликтового излучения. Было отмечено, что, при всей неэффективности тормозных процессов, они способны эффективно производить фотоны на очень низких частотах $h\nu \ll kT$, и поддерживать там яркостную температуру излучения, равную температуре электронов. И вот тут в игру вновь вступает комптонизация. В ходе этого процесса часть фотонов подхватывается и переносится в сторону максимума спектра реликтового излучения — в зону $h\nu \sim 3kT_*$. Таким образом может быть произведено достаточное число фотонов, чтобы превратить бозе-эйнштейновский спектр в чернотельный (планковский). В работе [8] было найдено аналитическое решение, описывающее этот процесс, и красное смещение z_ϕ соответствующей чернотельной фотосферы нашей Вселенной. Любое энерговыделение при $z > z_\phi$ не оставляет никаких следов на спектре реликтового излучения, любое энерговыделение при $z < z_\phi$ обязательно изменит спектр.

Наша Вселенная имеет очень маленькую плотность электронов и протонов, и в этих условиях рождение низкочастотных фотонов в результате двойного комптон-эффекта оказывается даже более эффективным, чем тормозное излучение [9]. Подставляя темп рождения фотонов в результате двойного комптон-эффекта в формулу статьи [8], можно найти красное смещение для соответствующего положения чернотельной фотосферы $z_\phi = 2 \times 10^6$. Любое энерговыделение после этого момента (при меньших z) приведёт к искажению спектра. Предлагаемые в настоящее время космические эксперименты PIXIE, COrE, PRISM смогут обнаружить такие искажения даже на уровне 10^{-9} от интенсивности реликтового излучения.

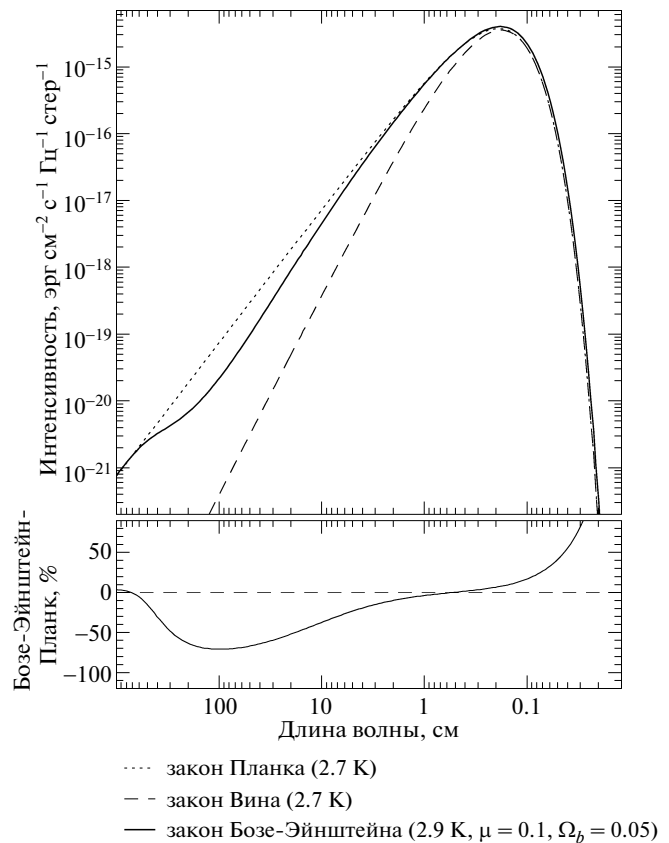


Рис. 4. Искажение спектра реликтового излучения, связанное с комптонизацией [8], — формирование бозе-эйнштейновского спектра с дефицитом фотонов. Температура бозе-эйнштейновского спектра принята равной 2.9 К, чтобы по возможности приблизить его к неискажённому планковскому спектру с наблюдаемой температурой 2.7 К. Химический потенциал μ в области коротких длин волн принят равным 0.1

МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. АКУСТИЧЕСКИЕ ПИКИ И БАРИОННЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ

В 1970 г. в работе [10] было отмечено, что стоячие звуковые волны, существовавшие в ранней Вселенной, подходят к моменту рекомбинации водорода с разными фазами, зависящими от длины волны возмущения λ (рис. 5). В результате формируется своеобразная зависимость амплитуды возмущений от λ (рис. 6) вплоть до размера, соответствующего звуковому горизонту Вселенной на стадии рекомбинации $\sim v_s t_c$, где v_s — скорость звука, t_c — космологическое время. Мы уже отметили, что на стадии расширения Вселенной до рекомбинации водорода плотность энергии излучения превышала плотность покоя барионного вещества $\rho_B c^2$, скорость звука была при этом лишь в несколько раз меньше скорости света.

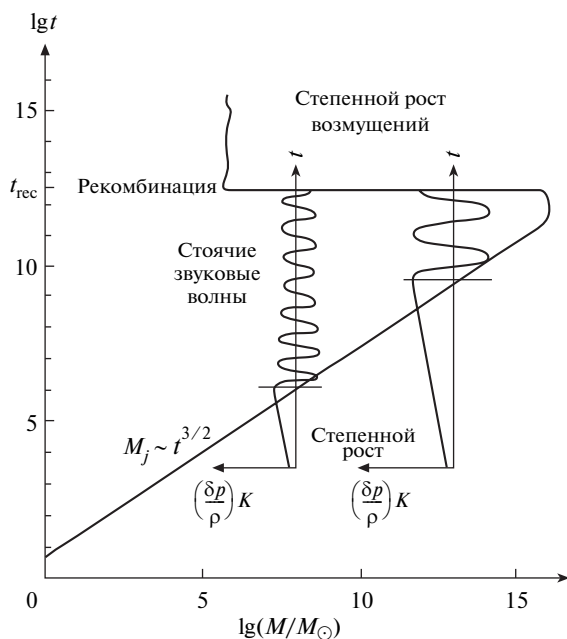


Рис. 5. Эволюция адиабатических возмущений плотности в расширяющейся Вселенной [10]. На радиационно-доминированной стадии расширения растущие возмущения плотности превращаются в стоячие звуковые волны, как только их характерные размеры становятся меньше горизонта. На момент генерации волн (а он зависит от размера возмущения — длины волны) они имеют одинаковую фазу. До рекомбинации водорода из-за рассеяния фотонов на свободных электронах барионное вещество и излучение были тесно связаны и двигались в звуковых волнах совместно. В ходе рекомбинации за сравнительно короткое время Вселенная стала прозрачной для излучения, и фотоны перестали взаимодействовать с электронами. Вследствие разной длины волны (определяемой размером возмущения) звуковые волны подходят к моменту рекомбинации с разными фазами, что приводит к характерной зависимости амплитуды возмущения от массы. Эта картина имеет два важнейших следствия: 1) распределение галактик в окружающей нас Вселенной хранит память о зависимости амплитуды возмущений от масштаба, что наблюдается в данных Слоановского обзора неба в видимом диапазоне спектра и носит название “барионные акустические осцилляции”; 2) в ходе экспериментов на высотных баллонах Boomerang и Maxima-II, спутниках WMAP и Planck с высочайшей точностью измерены положение и амплитуда “акустических пиков” в угловых флуктуациях реликтового излучения, возникших при взаимодействии излучения с веществом на поверхности последнего рассеяния фотонов

В простейшем приближении, как следует из уравнения неразрывности, рост возмущений на стадии рекомбинации сопровождался ростом гидродинамической скорости газа из электронов и барионов и тесно связанного с ними газа фотонов. В результате рассеяния фотонов на движущихся электронах вследствие доплер-эффекта происходит изменение яркости реликтового излучения. Это один из основных механизмов фор-

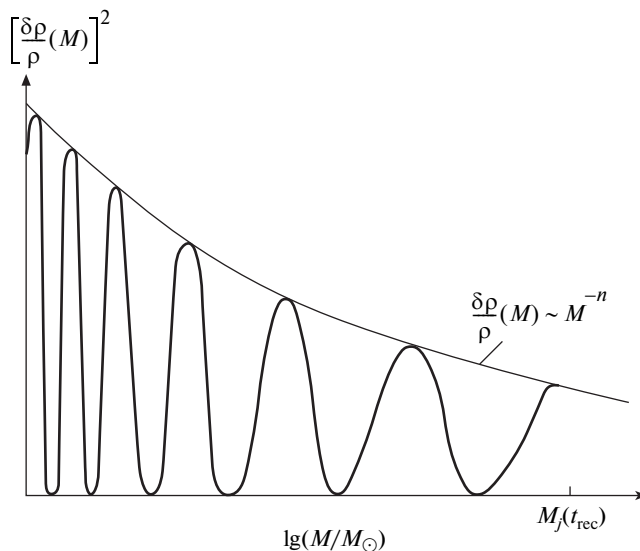


Рис. 6. Зависимость квадрата амплитуды возмущений плотности вещества от масштаба, иллюстрирующая происхождение квазипериодических осцилляций в распределении барионов (и реликтового излучения) [10]. Звуковые волны данной длины волны образуются во Вселенной из возмущений соответствующего масштаба в тот момент, когда он оказывается меньше горизонта ct . Этот переход происходит в разное время для возмущений разных масштабов, поэтому, хотя сначала звуковые волны разной длины волны имеют одинаковые фазы, к моменту рекомбинации они приходят с разными фазами. Помимо масштаба (массы сгущения), распределение фаз зависит от космологических параметров и момента рекомбинации. Огибающей кривой показана степенная зависимость роста возмущений от их масштаба, игнорирующая период существования звуковых волн во Вселенной

мирования *акустических пиков*, которые сегодня наблюдаются в спектре мощности углового распределения реликтового излучения.

ЯБ не очень-то верил, что этот предсказанный эффект будет когда-нибудь найден, и своей рукой внёс в аннотацию статьи следующую фразу: “Детальное исследование спектра флуктуаций, в принципе, может позволить выяснить природу первичных возмущений плотности, так как адиабатическим возмущениям свойственна своеобразная периодическая зависимость спектральной плотности возмущений от длины волны (массы). Практические наблюдения весьма трудны из-за малости эффекта и из-за наличия флуктуаций, связанных с дискретными источниками излучения” [10]. Однако сначала эксперименты на баллонах Boomerang и Maxima в 1998 г., а потом наблюдения со спутников WMAP и Planck позволили не просто обнаружить такие пики в спектре мощности угловых флуктуаций реликтового излучения, но и использовать их для определения основных параметров Вселенной. Ошибки в определении амплитуды акустических пиков

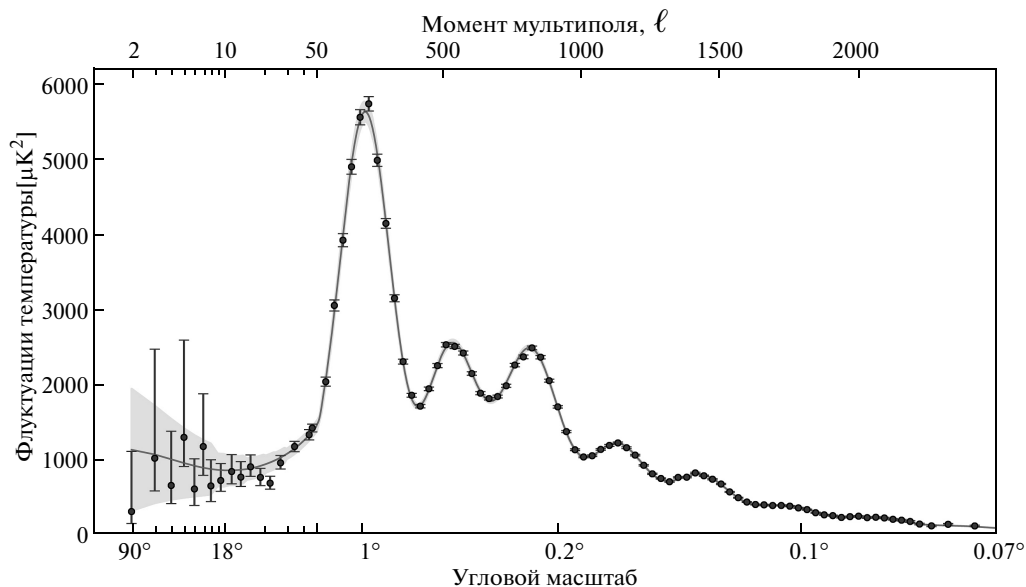


Рис. 7. Спектр мощности угловых флуктуаций реликтового излучения по данным обсерватории Planck [11]

столь малы, что в спектре мощности уверенно прослеживаются семь пиков осцилляций (рис. 7).

Теория предсказывает положение первого пика (близкое к акустическому горизонту) и более высоких пиков как функцию важнейших космологических параметров Вселенной: её кривизны, плотности энергии излучения и релятивистских нейтрино, плотности тёмного и барионного вещества, постоянной Хаббла. Наблюдаемая на небе картина угловых флуктуаций реликтового излучения даёт характерный угловой масштаб для каждого пика вблизи “поверхности последнего рассеяния”. Сравнивая эти масштабы, мы получаем возможность определения расстояния до поверхности последнего рассеяния, а значит, и возраста Вселенной и её важнейших параметров, перечисленных выше. Это чисто геометрический метод. Следы существования звукового горизонта вблизи “поверхности последнего рассеяния” проявляются и в наблюдаемом пространственном распределении галактик при малых красных смещениях $z < 1$. И вновь простое геометрическое сравнение наблюдаемого углового масштаба барионных акустических осцилляций с предсказаниями теории позволяет получить уникальную космологическую информацию об основных параметрах уже современной Вселенной.

СПЕКТР МОЩНОСТИ ФЛУКТУАЦИЙ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗЕЛЬДОВИЧА–ГАРРИСОНА

На рисунках 6 и 7 помимо акустических пиков хорошо видна компонента с непрерывным спектром, непосредственно связанная с возникнове-

нием крупномасштабной структуры Вселенной. ЯБ одним из первых отметил, что в однородно и изотропно расширяющейся Вселенной вплоть до красных смещений $z > 10$ малые начальные возмущения нарастают линейно. Считается, что корреляции таких возмущений в разных масштабах независимы и носят гауссовый характер. ЯБ предположил [1, 2], что спектр первичных флуктуаций должен быть степенным с показателем $n_s = 1$, то есть не должен зависеть от масштаба. Почти одновременно с Зельдовичем предположение о таком масштабно-инвариантном спектре возмущений выдвинул Гаррисон [12], поэтому этот спектр в космологии называется спектром Зельдовича–Гаррисона. Сравнение спектра мощности возмущений, наблюдаемого спутниками WMAP и Planck, с результатами моделирования позволило определить показатель исходного спектра возмущений с высочайшей точностью $n_s = 0.9677 \pm \pm 0.0060$ [11]. Слабое отличие показателя спектра от 1, хотя и определённое пока лишь с точностью $\sim 7\sigma$, является отголоском инфляционной стадии развития Вселенной. Это важнейшее уточнение было предсказано Мухановым и Чибисовым в 1981 г. [13]. Planck подтвердил и отсутствие заметных отклонений первичных флуктуаций плотности от гауссовых.

СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК, “СЛАБОЕ” ГРАВЛИНЗИРОВАНИЕ

Скопления галактик являются самыми массивными гравитационно-связанными объектами во Вселенной. Эти объекты содержат до нескольких тысяч галактик, погружённых в горячий меж-

галактический газ с температурой от 1 до 10 кэВ (от 12 до 120 млн. К). Гигантский гравитационный потенциал, удерживающий галактики и газ от разлёта, определяется концентрацией тёмной материи, масса которой в десятки раз превышает массу видимого (светящегося в оптических лучах) вещества, сосредоточенного в звёздах галактик скопления, и в 5–6 раз — массу горячего межгалактического газа в скоплении, наблюдаемого в рентгеновских лучах. Находясь в столь сильном гравитационном поле, галактики скопления движутся со скоростями ~ 1000 км/с, которые близки к скорости звука в горячем газе скопления. Гравитационный потенциал скоплений столь велик, что они оказываются сильными гравитационными линзами, способными усиливать яркость и искажать изображение фоновых галактик, находящихся далеко за скоплением. Гравитационное линзирование открыло уникальную возможность исследовать с помощью крупных наземных и космических телескопов экстремально далёкие галактики и квазары, яркость которых из-за линзирования усиливается и которые в отсутствие линзирования были бы абсолютно недоступны для наблюдений даже с помощью самых больших телескопов. С другой стороны, гравитационное линзирование объектов, расположенных далеко за скоплением, позволяет восстанавливать распределение тёмной материи в скоплении и определять его массу.

В 1964 г. ЯБ поставил и решил задачу о наблюдениях (точнее, о распространении света) во Вселенной, однородной в среднем, то есть в локально неоднородной космологической среде [14]. В этой его ставшей пионерской статье впервые описаны эффекты, определяющие “слабое” гравитационное линзирование. Сегодня “слабое” линзирование является одним из важнейших методов изучения неоднородности распределения вещества на различных масштабах. Исследования идут не только в оптическом диапазоне. В частности, космологический спутник Planck “видит” сдвиг угловых флуктуаций реликтового излучения вблизи концентраций тёмного вещества с колоссальной достоверностью (~ 40 стандартных отклонений). Не меньшей чувствительностью к “слабому” линзированию обладают наземные телескопы миллиметрового диапазона длин волн SPT и АСТ (см. ниже). Линзирование меняет карту измеряемого распределения яркости первичных флуктуаций реликтового излучения и его поляризации. Но главное — оно приводит к частичному преобразованию Е-поляризации (электрической или градиентной) света в В-поляризацию (магнитную или спиральную), которая ожидается (и активно ищется) от первичных гравитационных волн. Астрономы надеются изучать сдвиги в распределении на небе миллионов ядер активных галактик и квазаров, которые должен открыть и картографировать в рентгеновских лучах россий-

ский спутник Спектр-Рентген-Гамма (СРГ), готовящийся к запуску в 2016 г. В Европе в 2020 г. предполагается запустить спутник Euclid, одной из важнейших задач которого будет исследование “слабого” гравитационного линзирования во Вселенной в оптических лучах.

ПОНИЖЕНИЕ ЯРКОСТИ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В НАПРАВЛЕНИИ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК

В работе [10] и более детально в работе [15] было предсказано понижение яркости в угловом распределении реликтового излучения в направлении на скопления горячего межгалактического газа в скоплениях галактик (тепловой SZ-эффект). Удалось показать, что рассеяние фотонов на электронах горячего газа, движущихся при температурах 5–10 кэВ с тепловыми скоростями ~ 10 –15% от скорости света, приводит к характерным искажениям спектра реликтового излучения: в рэлей-джинсовской (низкочастотной) области спектра яркость его понижается из-за сдвига фотонов вверх по оси частот, соответственно, в виновской (высокочастотной) области она повышается. В результате скопление галактик предстаёт для наблюдателя как “отрицательный” источник в сантиметровой и миллиметровой областях спектра, а в субмиллиметровой области представляет собой яркий положительный источник излучения. Теория предсказывает ряд замечательных свойств этого источника. Прежде всего его спектр не зависит от красного смещения z , на котором находится скопление галактик. Яркость источника тоже не зависит от красного смещения, что было крайне непривычно для астрономов. Замечательным предсказанием стал тот факт, что на частоте 217 ГГц (длина волны 1.38 мм) эффект оказывается нулевым, то есть вблизи этой частоты можно обнаружить яркость реликтового излучения, не искажённую процессами, связанными с наличием горячего газа.

Наблюдения радиоинтерферометра CARMA полностью подтвердили эти гипотезы (рис. 8). В настоящее время эффект, предсказанный в 1970–1972 гг., обнаружен уже в направлениях на две тысячи скоплений галактик, причём около 1000 скоплений, находящихся на заметных красных смещениях $0.4 < z < 2$, были впервые обнаружены именно по этому эффекту. Массивные (богатые) скопления галактик, о существовании которых никто не подозревал, оказались интереснейшими объектами, а также сильными гравитационными линзами. Наибольших успехов в исследовании этого эффекта, в поиске и открытии новых скоплений галактик удалось достичь благодаря специально созданному 10-метровому телескопу SPT, расположенному на Южном полюсе Земли, на высоте 2700 м, и 6-метровому Атакамскому кос-

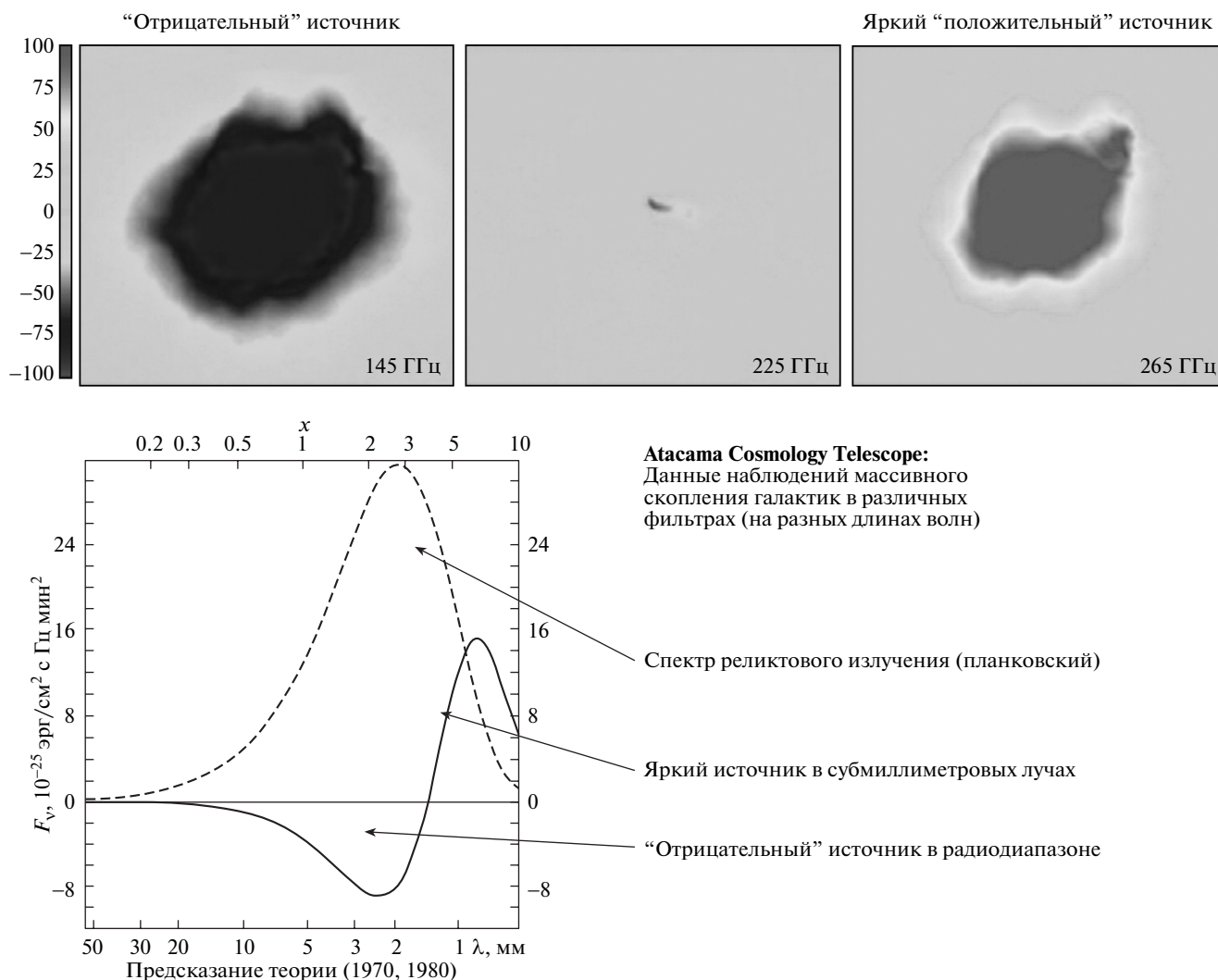


Рис. 8. В работах Я.Б. Зельдовича [10, 15] было предсказано, что взаимодействие горячего газа в скоплениях галактик с фотонами реликтового излучения приводит к появлению “отрицательных” источников излучения на сантиметровых и миллиметровых длинах волн, к избытку излучения на субмиллиметровых длинах волн и отсутствию сигнала на частоте 217 ГГц в направлениях на скопления ($x = h\nu/kTr$). Телескопы SPT и АСТ, а также спутник Planck успешно используют это предсказание для обнаружения далёких скоплений галактик

мологическому телескопу (АСТ), расположенному на высоте 5000 м в пустыне Атакама в чилийских Андах. Эти места (пустыня Атакама и особенно Южный полюс Земли) замечательны устойчивой погодой, низкой турбулентностью и необычайно низкой влажностью атмосферы. Одно из изображений, полученных SPT, показано на рисунке 9. Хорошо видна россыпь скоплений галактик (отрицательные источники) и ярких субмиллиметровых (положительные) источников, представляющих собой богатые межзвёздной пылью звездообразующие галактики или ядра активных галактик на красных смещениях 2.5–4. Их оптическое и ультрафиолетовое излучение поглощается пылью и переизлучается ею в субмиллиметровом диапазоне длин волн. Замечательный интерферометр ALMA, имеющий рекордное

угловое разрешение, продемонстрировал, что все эти объекты гравитационно усилены в потенциале далёких, массивных, но невидимых в этом эксперименте фоновых галактик, расположенных между источником и наблюдателем.

Наблюдениям, численному моделированию проявлений этого эффекта, релятивистским поправкам к нему посвящено более тысячи статей. Во многих публикациях уже не приводятся ссылки на оригинальные статьи ЯБ, авторы просто выносят слово “SZ-эффект” в заглавие статьи или упоминают его в тексте. Громадный вклад в изучение SZ-эффекта внёс космологический спутник Planck. На рисунке 10 показано распределение на небе более 1000 скоплений, открытых этим спутником по SZ-эффекту [11]. Сравнение

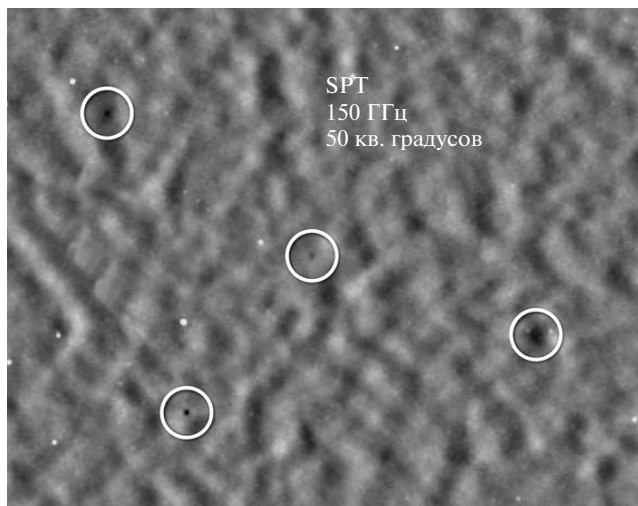


Рис. 9. Изображение участка неба площадью 50 кв. градусов, полученное телескопом SPT. Хорошо видны: а) первичные (то есть возникшие вблизи поверхности последнего рассеяния) угловые флуктуации реликтового излучения, б) усиленные гравитационным линзированием звездообразующие галактики, в) понижение яркости реликтового излучения в направлениях на скопления галактик с горячим газом (тепловой SZ-эффект), на рисунке показано кружками

скопления галактик, открытых спутником Planck (861 скопление на всём небе) и телескопами SPT (522 на 2500 кв. градусах) и ACT (91 на 950 кв. градусах) по SZ-эффекту, со скоплениями, открытыми спутником ROSAT в ходе рентгеновского обзора неба, показало, что с помощью SZ-эффекта открываются наиболее массивные скопления, расположенные на больших z .

Среди скоплений, открытых телескопами SPT и ACT по SZ-эффекту, встречаются удивительные объекты, такие как скопление Феникс на красном смещении $z = 0.597$, в котором впервые обнаружено мощное течение охлаждения с выпадени-

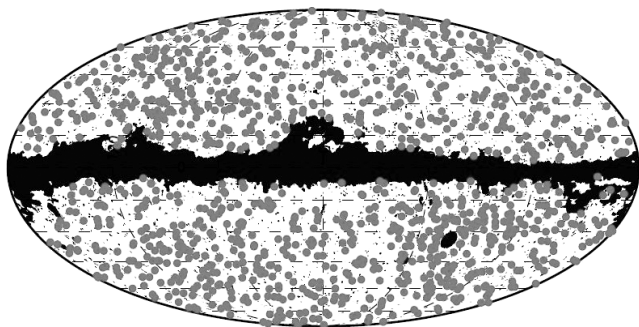


Рис. 10. Распределение по небу более 1000 далёких скоплений галактик, обнаруженных спутником Planck по SZ-эффекту [11] (см. также www.sciops.esa.int/index.php?project=PLANCK)

ем в центре скопления до $\sim 3800 M_{\odot}$ в год быстро остывающего холодного молекулярного газа. Это течение, связанное с остыванием газа из-за его излучения, сопровождается невероятно высоким темпом звездообразования. Около $740 M_{\odot}$ в год превращается в этом скоплении в молодые звёзды, наблюдаемые по их сверхвысоким оптическим и инфракрасным светимостям, $\sim 60 M_{\odot}$ в год “проглатывается” сверхмассивной чёрной дырой в центре скопления. Астрономы предполагали, что такие объекты должны существовать, но открыты они были благодаря SZ-эффекту. В ещё более далёком скоплении Эль-Гордо (“Толстяк”) на $z = 0.87$ мы наблюдаем, как одно компактное скопление галактик проходит с огромной скоростью сквозь другое, более массивное скопление. В результате в нём формируется мощная ударная волна, разогревающая газ в скоплении до температур, превышающих 20 кэВ, в то время как температура в компактной части скопления не превышает 5 кэВ. Во многих открытых примерах слияния скоплений галактик наблюдаются движения газа со скоростями порядка 3000 км/с.

Кинематический SZ-эффект [9, 16] позволяет измерять такие скорости относительно системы координат, в которой реликтовое излучение изотропно. Хорошо известно, что реликтовое излучение изотропно лишь в одной системе координат. Наблюдатель, движущийся относительно него, видит более высокую температуру излучения в направлении движения и пониженную температуру — в противоположном. Для любого околоземного космологического спутника изменение яркости неба в противоположных направлениях вследствие доплер-эффекта позволяет измерять нашу скорость относительно реликтового излучения (складывающуюся из скорости нашего вращения в Галактике вокруг её центра и скорости движения Галактики как целого). Более того, спутники WMAP и Planck, сканируя небо в миллиметровых и сантиметровых лучах, с высочайшей точностью улавливают движение точки либрации L2, в которой они находятся, вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. В работах 1970–1982 гг., посвящённых кинематическому SZ-эффекту [9, 15, 16], показано, что точно так же астрономы смогут измерять скорость удалённого скопления галактик относительно реликтового излучения, находящегося на красном смещении скопления. Изменение температуры в направлении скопления галактик составляет $\tau_T v_r/c$, где v_r — скорость скопления вдоль луча зрения, а τ_T — томсоновская оптическая толща скопления. Эти скорости сейчас измерены в нескольких работах.

Впечатляют простые следствия этого эффекта. Сам факт наблюдения теплового эффекта в направлении скопления с красным смещением $z \sim 1$, означающий, что температура газа в скоплении

$T = T_0 (1 + z) = 2T_0$ была в 2 раза выше, чем сегодня, позволяет утверждать, что реликтовое излучение действительно существовало за скоплением галактик. Иначе мы не видели бы понижения его яркости. Скопление с красным смещением $z \sim 1$ удаляется от нас в силу расширения Вселенной со скоростью, близкой к скорости света $v_r \sim 0.6 c$. Уже сегодня наблюдения кинематического SZ-эффекта в направлении на такие скопления достаточно точны и дают верхние пределы для peculiar скоростей на уровне 1.5–2 тыс. км/с. Это означает, что гигантские скопления, масса которых определяется в основном тёмным веществом, движутся относительно реликтового излучения в том месте, где они находятся, со скоростями по крайней мере в сто раз меньшими скорости их удаления в соответствии с законом Хаббла. Это удивительно, что мы исследуем реликтовое излучение, которое “видело” электроны газа в скоплении, практически покоящимися. Поражает, с какой точностью Вселенная следует предсказаниям теоретической модели её расширения, не допуская значительных отклонений в распределении peculiar скоростей.

Как только астрономы узнают об открытии ранее неизвестных скоплений галактик по тепловому SZ-эффекту, они наводят на них самые чувствительные телескопы рентгеновских спутников Chandra или XMM и находят там диффузный рентгеновский источник излучения. Это излучение является тормозным, его поверхностная яркость при температурах, превышающих 5 кэВ, пропорциональна $N_e^2 L T_r^{-1/2} \exp(-E/kT_r)$. Температура излучения также измеряется рентгеновскими спутниками по экспоненциальному завалу в спектре, так что в результате субмиллиметровые и рентгеновские наблюдения дают нам два уравнения для N_e и L , позволяющие найти характерный размер скопления галактик L . Зная его угловой размер, можно определить расстояние до любого скопления галактик. Такие измерения были проведены по данным радиоинтерферометра CARMA и рентгеновского спутника Chandra для 35 скоплений галактик. Полученные результаты хорошо согласуются со стандартной космологической моделью. Зная красное смещение z скопления, то есть скорость его удаления и расстояние до нас d , мы можем найти постоянную Хаббла для любого выбранного скопления галактик (с учётом достаточно хорошо известной сегодня модели Вселенной). Отметим, что в ближайшие годы эксперименты на телескопе на Южном полюсе (SPT) и Атакамском космологическом телескопе (ACT) позволят обнаружить уже десятки (а может быть, и сотни) тысяч новых скоплений галактик на разных z . Новые детекторы этих телескопов уже в 2016 г. будут состоять из 15 тыс. криогенных болометров, расположенных в фокальной плоскости.

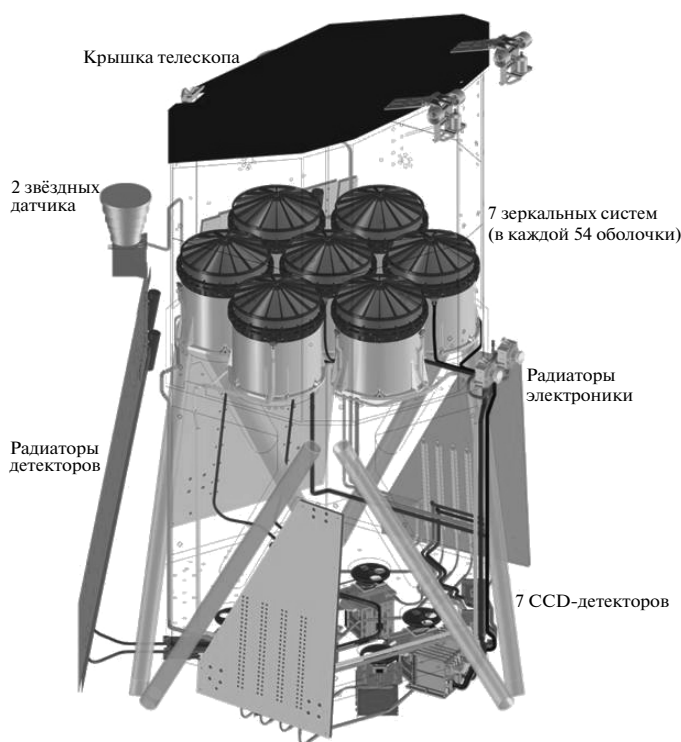


Рис. 11. Рентгеновский телескоп eROSITA с оптикой косого падения, подготавливаемый к работе на орбите в составе астрофизической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма. Ожидается, что за первые четыре года (с 2016 по 2020 г.) сканирования неба в рентгеновских лучах этот телескоп откроет все (более 100 тысяч!) массивные скопления галактик в наблюдаемой Вселенной и около трёх миллионов аккрецирующих сверхмассивных чёрных дыр — активных ядер галактик. Телескоп содержит 7 идентичных зеркальных систем и 7 позиционно-чувствительных рентгеновских ПЗС-детекторов (каждый со своим блоком электроники). Каждая зеркальная система включает 54 концентрических оболочки гиперолоид-параболоид с фокусным расстоянием 1.6 м, угол отражения увеличивается с удалением от оси, поэтому наиболее жёсткие рентгеновские фотоны ~ 10 кэВ фокусируются внутренними оболочками, а наиболее мягкие ~ 0.5 кэВ — внешними оболочками (диаметром 30 см)

Обсуждается возможность увеличения их числа ещё в 10 раз к 2020 г. Такое громадное число детекторов позволит резко ускорить темп сканирования неба, увеличить чувствительность обзоров и вероятность обнаружения далёких скоплений галактик.

Около 100 тыс. скоплений галактик обещает обнаружить на разных z в рентгеновских лучах российский спутник Спектр-Рентген-Гамма, изготавливаемый в НПО им. С.А. Лавочкина и планируемый к запуску в 2016 г. На этом спутнике должны быть установлены семь германских телескопов eROSITA с оптикой косого падения (рис. 11), предназначенных для проведения сверхглубоких обзоров всего неба в рентгеновских лучах. Имея огромную статистику объектов, космологи смо-

гут следить за темпом образования массивных скоплений галактик на разных z . Этот темп сильно зависит от космологической модели Вселенной, поэтому подобные наблюдения позволяют с очень высокой точностью определить, с каким темпом рождаются во Вселенной самые массивные объекты, проверить принятую космологическую модель и уточнить её основные параметры. Надо сказать, что уже осуществлённая попытка определить космологические параметры по данным наблюдений галактик со спутника Planck привела к значениям, заметно (до двух стандартных отклонений) отличающимся от параметров Вселенной, определённых по наблюдению амплитуды акустических пиков в спектре мощности угловых флуктуаций реликтового излучения. Отметим, что как данные о скоплениях, так и данные об амплитудах пиков осцилляций приходят с одного и того же спутника. Астрофизики детально исследуют причины этих разногласий, которые, возможно, связаны со сравнительно низкой точностью определения массы каждого из скоплений галактик или конечной массой нейтрино, составляющей в целом заметную долю в плотности материи во Вселенной в эпоху рекомбинации водорода.

В заключение этого раздела надо сказать, что сам ЯБ относился к описанным эффектам явно неоднозначно: был убеждён, что одни эффекты вполне наблюдаемы, другие рассматривал, скорее, как теоретические изыскания, которые никогда не будут экспериментально подтверждены, и соглашался публиковать их описание, лишь учитывая их красивое физическое содержание. Удивительно, но спустя 40 лет после предсказания, все эти эффекты не просто зарегистрированы — они кардинально изменили содержание современной наблюдательной космологии, для их изучения по всему миру строятся гигантские телескопы, запускаются самые современные спутники с охлаждаемыми до гелиевых температур детекторами, их обсчитывают самые мощные на Земле суперкомпьютеры. Очень жаль, что ЯБ не дождался этих дней и не смог увидеть триумф предсказанных им теорий, революционных изменений, произошедших и происходящих в настоящее время в наблюдательной космологии. Этот прогресс стал возможен лишь благодаря бурному развитию технологий создания современных криогенных детекторов субмиллиметрового излучения в результате многолетних усилий сотен астрономов, физиков, инженеров и техников.

ЕЩЕ ОДИН “ЭФФЕКТ”— НАУЧНАЯ ШКОЛА ЗЕЛЬДОВИЧА В АСТРОФИЗИКЕ И КОСМОЛОГИИ

Когда говоришь о сотрудничестве с ЯБ, невольно вспоминаешь плеяду замечательных физиков, выбравших астрофизику и космологию в

качестве поля своей деятельности после завершения работы над ядерным оружием и радиолокаторами и возвращения в фундаментальную науку. В голову сразу приходят имена нобелевских лауреатов Г. Бёте (термоядерные источники энергии звёзд), В.Л. Гинзбурга (космические лучи), М. Райла (апертурный синтез в радиоастрономии и космология), А.Д. Сахарова (космология), В. Фаулера (образование химических элементов), Э. Ферми (ускорение космических лучей и космология), Э. Хьюиша (радиопульсары), С. Чандрасекара (строение и эволюция звёзд). Важно, что Бёте, Райл, Фаулер, Хьюиш, Чандрасекар получили нобелевские премии за свои достижения в астрофизике.

ЯБ начал подготовку к переходу в астрофизику и космологию в самом начале 1960-х годов. Как писали в своих воспоминаниях В.С. Пинаев и Ю.Н. Смирнов [17] и рассказывали М.А. Подурец и С.А. Холин, Зельдович организовал в Сарове (тогда Арзамас-16) семинар в своей группе по изучению теории относительности, и все участники поочередно пересказывали параграфы из нового тогда издания “Теории поля” Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица. По приезду в Москву он написал несколько обзоров, посвящённых сравнению моделей холодной и горячей Вселенной, теоретические основы которой были заложены Г.А. Гамовым. Одной из целей было показать, что холодная модель Вселенной имеет свои преимущества. Именно поэтому он инициировал работы Ю.Н. Смирнова и В.Б. Якубова по расчётам ядерных реакций в горячей Вселенной и А.Г. Дорошкевича и И.Д. Новикова по анализу данных радионаблюдений, свидетельствовавших в то время о трудностях горячей модели Вселенной. Открытие реликтового излучения А. Пензиасом и Р. Вильсоном в 1965 г. полностью изменило ситуацию: многочисленные участники семинара в Астрономическом институте им. П.К. Штернберга при МГУ были свидетелями того, как ЯБ сразу же признал торжество горячей модели.

Новая физическая космология была молодой наукой, и работать над ней в свою группу ЯБ пригласил совсем молодых людей, недавних выпускников и дипломников МГУ и МФТИ. Именно эти люди составили ядро школы ЯБ. Сегодня в мире есть огромный интерес к инфляции (стадии очень быстрого расширения Вселенной на самых начальных этапах). ЯБ сам написал несколько замечательных статей и обзоров на эту тему и проявлял искренний интерес к работам ныне знаменитого А.Д. Линде и Э.Б. Глинера, работавшего над собственным вариантом теории инфляции в то время уже более 10 лет. Много разговаривал с А.Д. Сахаровым на тему холодной Вселенной и природы квантовых флуктуаций как источника первичных возмущений плотности во Вселенной.

В известной статье А.Д. Сахарова 1965 г. [18] почти половина абзацев во введении начинается словами “как мне сказал Я.Б. Зельдович...”. Автор знаменитой статьи с Г.В. Чибисовым о спектре первичных возмущений плотности во Вселенной и их зарождении из квантовых флуктуаций В.Ф. Муханов (студент МФТИ в то время) часто рассказывает о встречах с ЯБ, глубоком обсуждении результатов и его влиянии на окружающих. Необходимо упомянуть одного из ближайших и наиболее талантливых учеников ЯБ академика А.А. Старобинского, автора очень востребованной сегодня конкретной модели инфляции и соавтора ЯБ по работам о рождении частиц в сильных гравитационных полях, о первичных чёрных дырах и о возможности отбора энергии у вращающихся чёрных дыр малой массы.

Другим важным направлением работы в космологии в последние 10 лет жизни ЯБ было построение приближённой теории “космической паутины”. Здесь он тесно работал с С.Ф. Шандариным. Они много взаимодействовали с замечательным математиком В.И. Арнольдом и знаменитыми эстонскими астрофизиками Я.Э. Эйнасто и Э. Сааром. Лишь один человек в Москве в группе ЯБ работал с ним ранее в Сарове. Это был А.Г. Дорошкевич. В группе он выделялся глубиной понимания физики и тем, что рано осознал важность вычислительных методов и проявил большие способности и интерес к вычислениям и моделированию. Отметим, что в 1960–1970-е годы ЯБ писал не только новые оригинальные статьи. Он и его соавторы опубликовали много обзоров в “Успехах физических наук” и других ведущих обзорных журналах. Часть обзоров и замечательные книги по релятивистской астрофизике и космологии были написаны в соавторстве с известным специалистом в области теории относительности, ныне членом-корреспондентом РАН И.Д. Новиковым. С.И. Блинников, Н.И. Шакура и М.И. Сажин записали и опубликовали лекции ЯБ по строению и эволюции звёзд и космологии ранней Вселенной, которые он читал на физфаке МГУ. В области ОТО он много работал и с Л.П. Гришуком.

Удивительно, но в те же годы ЯБ активно исследовал заключительные стадии эволюции звёзд и коллапса — превращения их ядер в чёрные дыры и нейтронные звёзды. В этой области он тесно взаимодействовал с группой В.С. Имшенника и Д.К. Надёжина и работал с молодыми тогда аспирантами Г.С. Бисноватым-Коганом и В.М. Чечёткиным. С О.Х. Гусейновым он первым поставил вопрос о необходимости и возможности поиска чёрных дыр в тесных двойных звёздных системах. ЯБ интересовал вопрос о генерации магнитного поля во Вселенной и в астрофизических объектах. Широко известны его статьи, обзоры и книги, написанные в соавторстве с А.А. Румзайкиным, Д.Д. Соколовым и С.И. Вайнштейном. Его очень

привлекала область науки, которая сейчас в мире называется “физика астрочастиц” (astroparticle physics). Первые важнейшие работы на эту тему были написаны им в соавторстве с ныне академиком С.С. Герштейном и В.Ф. Шварцманом, одним из ближайших учеников ЯБ. Широко известны его статьи и обзоры, подготовленные совместно с А.Д. Долговым и М.Ю. Хлоповым. Выше было много сказано о вкладе ЯБ в наблюдательную космологию. У него были статьи в этой области в соавторстве с аспирантами, а затем молодыми сотрудниками В.М. Дашевским, А.Ф. Илларионовым, В.Н. Лукашем. Важно отметить, что именно в его группе М.М. Баско и А.Г. Полнарёвым были выполнены первые расчёты поляризации реликтового излучения, возникающей вблизи поверхности последнего рассеяния. ЯБ активно поддерживал первый советский космологический проект спутника Реликт-1, разрабатывавшийся под руководством И.А. Струкова и Д.П. Скулачёва.

Замечательная черта ЯБ — он не стеснялся учиться. Звонил специалистам, приглашал к себе для разговоров, писал обзоры по физике элементарных частиц в ранней Вселенной и их влиянию на её эволюцию, привлекая как специалистов в области астрономии (С.Б. Пикельнер), так и в области элементарных частиц (Л.Б. Окунь). Его интересовала возможность детектирования гравитационных волн (обзоры с В.Б. Брагинским). Он пригласил совсем ещё молодого Р.З. Сагдеева прочитать в его группе краткий курс лекций по бесстолкновительным ударным волнам применительно к космической плазме, сам в ходе лекций задавал множество вопросов и время от времени делал пространные комментарии, извиняясь перед докладчиком. Его ученикам было удивительно видеть, как учится и впитывает новые идеи автор широко известной книги по теории ударных волн, написанной с Ю.П. Райзером. ЯБ поддерживал интерес у своих учеников к взаимодействию со специалистами в узких областях науки. Так, он направлял одного из авторов этой статьи (ещё совсем молодого) поучиться у специалистов по электрон-атомным столкновениям Л.А. Вайнштейна и И.Л. Бейгмана (ФИАН), у эксперта в области ультрафиолетовой астрономии В.Г. Курта (ГАИШ при МГУ), у блестящих теоретиков Д.А. Варшаловича и Ю.Н. Гнедина (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), у крупного специалиста в области моделирования методом Монте-Карло И.М. Соболя и специалистов в области нелинейных расчётов В.Я. Гольдина и Б.Н. Четверушкина (ИПМ им. М.В. Келдыша). Его очень заинтересовали результаты расчётов приливного взаимодействия галактик и образования галактических спиральных ветвей, выполненные выдающимися специалистами в области космической динамики академиком Т.М. Энеевым и Н.Н. Козловым совместно с Р.А. Сюняевым. Его радовали рассказы о новостях замечательной экспериментальной группы Е.П. Мазеца (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), выпол-

нившей революционные наблюдения космических гамма-всплесков и магнитаров. Такую школу проходил почти каждый из его ближайших учеников. ЯБ очень интересовала теория аккреции на чёрные дыры и нейтронные звёзды, и здесь лучшим собеседником для него был дипломник, потом аспирант и сотрудник Н.И. Шакура.

В одной статье трудно перечислить всех его научных детей, внуков и правнуков, как бы известны они сейчас ни были. Здесь упомянуты лишь те, кто тесно с ним работал, писал совместные статьи, обзоры, монографии в области космологии и релятивистской астрофизики. Влияние ЯБ на развитие астрономии и космологии в Москве трудно переоценить. Громадную роль в становлении научной молодёжи играл семинар в ГАИШ при МГУ, который он вёл вместе с В.Л. Гинзбургом и И.С. Шкловским и на который пару десятков лет каждый четверг собирались от одной до трёх сотен астрономов, физиков и математиков. На нём выступали и приходили на наиболее интересные доклады Е.М. Лифшиц, Б.М. Понтекоров, А.Д. Сахаров, И.М. Халатников. Запомнились доклады (на русском языке!) совсем молодых Малькольма Лонгейра из Кембриджа (затем директора Кавендишской лаборатории и члена Королевского общества) и Кипа Торна (профессора Калтеха, ныне члена Национальной академии наук США). До сих пор перед глазами стоит переполненный зал и опоздавшие, занимающие проходы и выглядывающие из проёмов дверей.

В этой небольшой статье рассказано лишь о нескольких космологических эффектах, носящих имя Зельдовича. В действительности число полученных им блестящих результатов, новых эффектов и открытий во многих областях физики, химии и релятивистской астрофизики столь велико, что даже перечислить их непросто. Приблизённое представление о результативности ЯБ, масштабе его вклада в науку можно получить, ознакомившись с его избранными трудами [19, 20] (в 2014 г. они были переизданы). Почти ничего мы не сказали и о чисто человеческих качествах ЯБ, масштабе его личности, способности зажечь в учениках искренний интерес к исследованиям, в какой бы области науки они ни работали. Представление об этой стороне ЯБ можно получить непосредственно из воспоминаний о нём людей, близко его знавших — его коллег, родных, друзей, учеников [17].

Р.А. СЮНЯЕВ

академик,

Институт космических исследований РАН,
sunyaev@iki.rssi.ru

С.А. ГРЕБЕНЕВ,

доктор физико-математических наук,

Институт космических исследований РАН,
grebenev@iki.rssi.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зельдович Я.Б.* Распад однородного вещества на части под действием тяготения // *Астрофизика*. 1970. Т. 6. № 2. С. 319–335.
2. *Zel'dovich Ya.B.* Gravitational instability: An approximate theory for large density perturbations // *Astron. Astrophys.* 1970. V. 5. P. 84–89.
3. *Sunyaev R.A., Zel'dovich Ya.B.* Formation of clusters of galaxies: protocluster fragmentation and intergalactic gas heating // *Astron. Astrophys.* 1972. V. 20. P. 189–200.
4. *Zel'dovich Ya.B., Sunyaev R.A.* The interaction of matter and radiation in a hot-model Universe // *Astrophys. Space Sci.* 1969. V. 4. № 2. P. 285–300.
5. *Зельдович Я.Б., Курт В.Г., Сюняев Р.А.* Рекомбинация водорода в горячей модели Вселенной // *ЖЭТФ*. 1968. Т. 55. С. 278–286.
6. *Sunyaev R.A., Chluba J.* Signals from the epoch of cosmological recombination // *Astron. Nachr.* 2009. V. 330. № 7. P. 657–674.
7. *Chluba J., Sunyaev R.A.* Is there a need and another way to measure the cosmic microwave background temperature more accurately? // *Astron. Astrophys.* 2008. V. 478. P. L27–L30.
8. *Zel'dovich Ya.B., Sunyaev R.A.* The interaction of matter and radiation in a hot-model Universe. II // *Astrophys. Space Sci.* 1970. V. 7. P. 20–29.
9. *Sunyaev R.A., Zel'dovich Ya.B.* Microwave background radiation as a probe of the contemporary structure and history of the Universe // *Annual Rev. Astron. Astrophys.* 1980. V. 18. P. 537–560.
10. *Sunyaev R.A., Zel'dovich Ya.B.* Small-scale fluctuations of relict radiation // *Astrophys. Space Sci.* 1970. V. 7. P. 3–19.
11. *Adam R., Ade P.A.R., Aghanim N., et al.* Planck 2015 results. I. Overview of products and scientific results // *Astron. Astrophys.* 2015. in press (arXiv:1502.01582).
12. *Harrison E.R.* Fluctuations at the Threshold of Classical Cosmology // *Phys. Rev.* 1970. D 1. 2726.
13. *Муханов В.Ф., Чибисов Г.В.* Квантовые флуктуации и “несингулярная Вселенная” // *Письма в ЖЭТФ*. 1981. Т. 33. С. 549–553.
14. *Зельдович Я.Б.* Наблюдения во Вселенной, однородной в среднем // *Астрономический журнал*. 1964. Т. 41. С. 19–24.
15. *Sunyaev R.A., Zel'dovich Ya.B.* The observations of relict radiation as a test of the nature of X-ray radiation from the clusters of galaxies // *Comments on Astrophys. Space Phys.* 1972. V. 4. P. 173–178.
16. *Sunyaev R.A., Zel'dovich Ia.B.* The velocity of clusters of galaxies relative to the microwave background — the possibility of its measurement // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 1980. V. 190. P. 413–420.
17. *Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы).* Изд. 2-е, доп. / Под ред. Герштейна С.С. и Сюняева Р.А. М.: Физматлит, 2008.
18. *Сахаров А.Д.* Начальная стадия расширения Вселенной и возникновение неоднородности распределения вещества // *ЖЭТФ*. 1965. Т. 49. Вып. 1(7). С. 345–357.
19. *Зельдович Я.Б.* Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. М.: Наука, 1984.
20. *Зельдович Я.Б.* Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. М.: Наука, 1985.

DOI: 10.7868/S0869587315070063

ДВЕНАДЦАТЫЙ ПРЕЗИДЕНТ АКАДЕМИИ НАУК

*К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ ВЕЛИКОГО КНЯЗЯ
КОНСТАНТИНА КОНСТАНТИНОВИЧА РОМАНОВА*

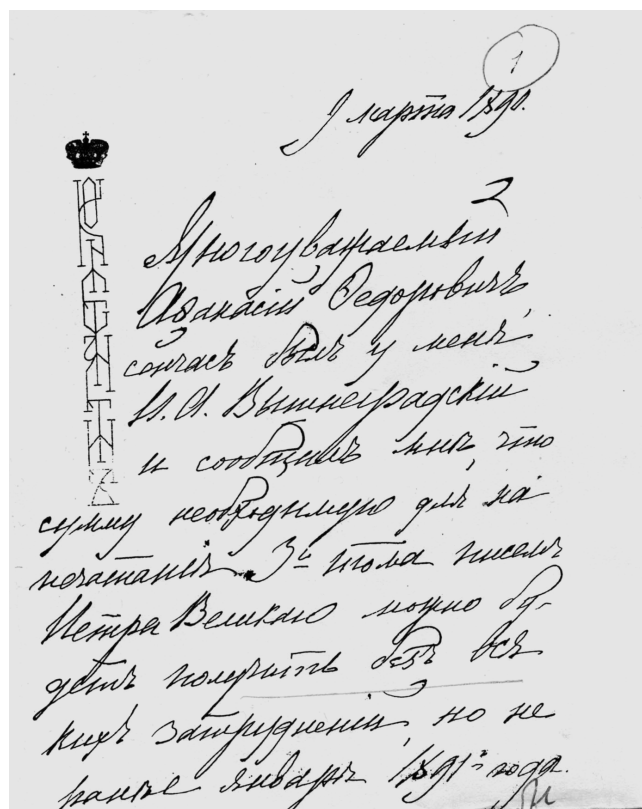
Великий князь Константин Константинович, двоюродный дядя последнего российского императора Николая II, более четверти века возглавлял Императорскую Санкт-Петербургскую академию наук — с момента назначения на этот пост императором Александром III (указ от 3 мая 1889 г.) и до своей кончины в 1915 г. Это был период пореформенной России: постепенно прививались ростки новых общественных отношений, всё явственнее ощущалось движение страны по капиталистическому пути. Однако поступательное развитие России в значительной степени затруднялось консервативной политикой царского правительства. На этом фоне Академия наук находилась в положении, близком к застою и даже кризису. Она утратила многие позиции, которые были завоеваны и удерживались ею в XVIII — первой половине XIX в. Академия, по сути, продолжала оставаться небольшим, замкнутым учреждением и уже не могла отвечать на вызовы нового времени. Ослабли прежде плодотворные связи с университетами и научными обществами, снизилось значение в экономической и культурной жизни России. Развитие науки продолжалось, и весьма успешно, в университетах, благодаря чему звание университетского профессора стало в глазах общественного мнения цениться почти наравне со званием академика, а материальное обеспечение университетской профессуры было в эти годы существенно лучшим. Академии удалось преодолеть непростой этап своей истории, и, как будет показано далее, деятельность её тогдашнего президента великого князя Константина Константиновича сыграла в этом заметную роль.

Константин Константинович, сын великого князя Константина Николаевича, внук императора Николая I, родился 10 августа 1858 г. в селе Стрельна под Петербургом. Многие в характере Константина Константиновича отличало его от типичного представителя царствующего дома. С юношеских лет он увлекался поэзией, театром и музыкой, в 1879 г. начал писать стихи и через три года опубликовал первое стихотворение “Псалмопевец Давид”, подписанное инициалами “К.Р.”. В 1886 г. вышел в свет первый сборник его



Великий князь Константин Константинович

стихов [1], кроме того, он занимался ещё и переводами поэтических произведений с иностранных языков. Томик стихов Константина Романова был напечатан ограниченным количеством экземпляров, в продажу не поступал и получил известность только в узком кругу лиц, приближённых к императорской фамилии. Вместе с тем Константин Константинович сблизился с целым рядом известных деятелей отечественной культуры и науки, среди которых были поэты А.А. Фет, А.Н. Майков и Я.П. Полонский, писатель И.А. Гончаров, критик Н.Н. Страхов, экономист академик В.П. Безобразов.



Фрагмент письма Константина Константиновича академику А. Ф. Бычкову

В конце 1887 г. Константин Константинович был удостоен звания почётного члена Императорской Академии наук, а в январе 1900 г. избран почётным академиком по Разряду изящной словесности. Руководство академией великий князь последовательно совмещал с должностями командира Преображенского полка (с 1891 по 1900 г.), главного начальника военно-учебных заведений империи (с 1900 по 1910 г.) и генерального инспектора военно-учебных заведений (с 1910 г. и до своей кончины). Одновременно великий князь был председателем, попечителем, почётным членом десятков обществ, комитетов, комиссий, учебных заведений, в основном гуманитарного профиля. За свою жизнь великий князь Константин Константинович был награждён всеми орденами Российской империи и 28 орденами других государств [2, л. 50–93].

Приняв руководство академией, Константин Константинович сразу определил основную причину того тяжёлого положения, в котором оказалось старейшее научное учреждение страны, и, как свидетельствует анализ документов ряда фондов Санкт-Петербургского филиала Архива РАН, активно занялся её устранением и продолжал эту работу на протяжении всех лет своей службы в академии. Причина заключалась в крайне скуд-

ном государственном финансировании академической науки. К началу 1890-х годов Императорская Академия наук (ИАН) продолжала получать предусмотренные Уставом 1836 г. ежегодные бюджетные ассигнования, определённые в сумме 239 400 руб. [3, с. 117–119]. Этих денег было явно недостаточно для обеспечения научной работы. Существовал ещё один путь получения средств: всякий раз, когда возникала острая необходимость в финансировании какого-нибудь исследования, экспедиции и прочего, в Министерство народного просвещения направлялось аргументированное ходатайство. Так, в 1894 г. президентом АН было направлено пять ходатайств, из которых четыре были удовлетворены: например, 6000 руб. было ассигновано «на ремонт и реорганизацию физического кабинета», 600 руб. — «по командировке академика Радлова за границу», но «в отпуске» 3000 руб. на развитие теоретической астрономии было отказано [4, л. 4].

Внимательное изучение архивных документов открывает картину долгих месяцев настойчивой и кропотливой работы президента и других руководителей академии, направленной на получение средств на те или иные нужды академической науки. Черда записок, писем, проектов, адресованных вышестоящим инстанциям, и черда резолюций на них не дают исследователю однозначного ответа на вопрос: каковы же были главные причины трудностей с финансированием? В документах довольно часто, правда, в деликатной форме, встречаются ссылки на бедность государственного бюджета: «затруднительное финансовое положение настоящей минуты», «известное состояние Государственной кассы», «слабое поступление государственных доходов», «недопущение дефицита в государственном бюджете» и т.п. Помимо этого, решения по различным вопросам обычно тормозились жёсткой иерархией бюрократической системы. В этих условиях высокое общественное положение президента академии, его растущий авторитет в императорской фамилии стали, по сути, главным условием того, что ситуацию удалось сдвинуть с мёртвой точки: началось последовательное улучшение состояния дел в Академии наук.

8 апреля 1893 г. прошло заседание соединённых Департамента экономии и Департамента законов Государственного совета Российской империи, на котором рассматривался вопрос о новых штатах академии и увеличении выделяемых ей ассигнований. По существующим тогда порядкам Константин Константинович принимал участие в заседании, но с докладом не выступал. В результате оживлённого обсуждения было решено утвердить новый штат академии, увеличив её годовой бюджет на 53 563 руб. (хотя в последний момент законодатели всё-таки пересчитали эту сумму, и Академия наук получила на 16 тыс. руб.

меньше запрашиваемой суммы) [5, л. 56–58]. То была первая крупная победа ИАН на финансовом фронте во второй половине XIX в. По итогам заседания вице-президент академии Я.К. Грот направил Константину Константиновичу восторженное письмо, в котором поздравил с “благополучным исходом нашего дела в Государственном совете” [6, л. 33].

Новое штатное расписание было утверждено императором Александром III в июне 1893 г. В соответствии с ним с 1 января 1894 г. предусматривались ежегодные выплаты: ординарному академику – 4200 руб., в том числе жалованье – 2400, квартирные – 600, выплаты за звание – 1200; экстраординарному академику – 3000 руб., из которых жалованье – 1500, квартирные – 500, выплаты за звание – 1000. Удалось добиться также уравнения академических пенсий и единовременных пособий с соответствующими выплатами, получаемыми профессорами университетов. Было существенно улучшено материальное положение не только академиков, но и других научных и научно-технических сотрудников ИАН [6, л. 29–31].

Вице-президент и неперменный секретарь получали ежегодное жалованье по 1500 и 1200 руб. соответственно. Поскольку эти должности замещались только академиками, то предусмотренные выплаты добавлялись к получаемому ими академическому жалованью. Содержание президента предполагалось “по особому высочайшему назначению”. Приведённый мной выборочный просмотр требовательных ведомостей на выдачу жалованья руководящему составу АН за 1900, 1902, 1905, 1907 и 1914 гг. даёт все основания для вывода о том, что Константин Константинович ежегодно получал только “столовые деньги” в размере от 927 руб. 60 коп. до 1008 руб. 75 коп., то есть за время президентства он не получал денег ни по должности, ни квартирных, ни добавочных [7]. Учитывая, что в царской России не существовало ограничений для получения зарплаты за работу по совместительству, можно с большой долей уверенности предположить, что Константин Константинович сам отказывался от полной зарплаты в ИАН, считая это неудобным или незаслуженным.

Введённое с 1894 г. штатное расписание просуществовало почти 20 лет. С июля 1912 г. вступило в действие новое расписание, утверждённое императором Николаем II. Этому событию также предшествовала долгая и сложная работа Константина Константиновича и других руководителей академии по подготовке и согласованию необходимых документов, а также убеждению вышестоящих инстанций в необходимости увеличения бюджетных ассигнований. По болезни Константин Константинович не смог присутствовать на прошедшем 22 июня 1912 г. заседании Государственного совета, посвящённом этому вопросу,

туда были приглашены вице-президент П.В. Никитин и неперменный секретарь академии С.Ф. Ольденбург. Утверждение закона вызвало взрыв радостных эмоций у ближайших сподвижников президента, немедленно выраженный в телеграмме следующего содержания: “Прямо из Государственного совета. Законопроект прошёл. 66 против 25. Ольденбург” [8, л. 49]. Поскольку обсуждение и решение по проекту закона проходило в период летних отпусков, радостная новость была доложена Общему собранию 2 сентября – на первом после сезонного перерыва заседания. В этот день Общим собранием единогласно было принято решение выразить Константину Константиновичу “глубокую признательность” за введение Закона о новых штатах ИАН [там же, л. 69].

Согласно новому закону, ежегодные ассигнования академии были увеличены до 1997159 руб. Возросло и число штатных работников среднего звена, вследствие чего общий штат ИАН составил 153 человека. Характерно, что именно академические сотрудники среднего и нижнего звена – ассистенты, хранители фондов, лаборанты и т.д. – получили прибавку к жалованью, а зарплата всех руководителей академии, равно как и зарплата академиков, первоначально осталась на уровне 1894 г. [9]. Это можно объяснить только высокой гражданской и этической позицией тогдашних организаторов академической науки и ведущих учёных, для которых интересы науки были выше всего.

Благодаря успешному решению финансовых вопросов плодотворно развивалась структура академии, создавались новые подведомственные организации и учреждения. В 1894 г. был создан Русский археологический институт в Константинополе, в 1899 г. – Разряд изящной словесности, в 1907 г. – Пушкинский Дом, и это только малая часть возникших в те годы академических структур. Была проведена модернизация оборудования Главной физической лаборатории, Пулковской астрономической обсерватории, академической типографии. В 1910 г. удалось добиться правительственных ассигнований в размере 1.1 млн. руб. на строительство нового здания Библиотеки Академии наук.

Нельзя не упомянуть, что с именем великого князя Константина Константиновича связаны организация и проведение ряда научных экспедиций, имевших огромное научное и практическое значение, а также большой международный резонанс. Прежде всего следует вспомнить Шпицбергенскую экспедицию по градусному измерению в составе двух судов – “Бакан” и “Ледокол-2”, на проведение которой удалось получить ассигнования в размере 210 тыс. руб. Современники считали её “важнейшим учёным предприятием, ознаменовавшим академическую жизнь за

М. Н. П.

ИМПЕРАТОРСКАЯ
АКАДЕМІЯ НАУКЪ.ОТДѢЛЕНІЕ
РУССКАГО ЯЗЫКА И СЛОВЕСНОСТИ.

7 октября 1905 г.

№ 332

Г. Почетному Академику К. Р.

Имѣю честь уведомить ВАСЪ, что
Отдѣленіе русскаго языка и словес-
ности, желая выразить свои призна-
тельность за исполненный ВАМИ, по
его просьбѣ критическій разборъ до-
пущеннаго къ XVI - му конкурсѣ пре-
мій имени А. С. Пушкина сочиненія
М. А. Лохвицкой | Жиберъ | подъ загла-
віемъ „Стихотворенія“ г. У 1902 - 1904 г.
| Спб. 1904 г. |, -- постановило вы-
дать ВАМЪ установленную золотую
Пушкинскую медаль, которая будетъ
ВАМЪ доставлена Отдѣленіемъ, по из-
готовленіи ея на Санктпетербургскомъ
Монетномъ Дворѣ.

ПРЕДСѢДАТЕЛЬСТВУЮЩІЙ

Письмо Отделения русского языка и словесности АН Константину
Константиновичу о награждении его золотой Пушкинской медалью

1899 г.”, и “едва ли не самой крупной в XIX столе-
тии экспедицией подобного характера” [10, с. 32].
Ещё 180 тыс. руб. были направлены правитель-
ством на проведение возглавляемой Э.В. Толем
Русской полярной экспедиции. В апреле 1900 г.
группа исследователей отправилась к Новоси-
бирским островам на парусно-моторной шхуне
“Заря”. Во время плавания и особенно во время
зимовок у северо-западного берега полуострова
Таймыр и у западного берега острова Котельный
был выполнен комплекс очень важных для науки
гидрографических, физико-географических и
геологических исследований.

Масштабную работу по пропаганде научных
знаний и развитию просветительских традиций
вели академические учреждения гуманитарного
профиля. К 1910 г. Библиотекой Академии наук

ежегодно выдавалось на дом
более 15 тыс. томов, ежегод-
ная посещаемость Зоологи-
ческого музея составляла бо-
лее 120 тыс. человек, Музея
антропологии и этнографии —
более 20 тыс. Академия, по-
мимо публикации научных
трудов, осуществляла изда-
ние книг, имевших обще-
культурное значение. Такими
изданиями были, в частности,
“Академическая библиотека
русских писателей” и “Пол-
ное собрание сочинений
А.С. Пушкина”.

За годы президентства
Константина Константинови-
ча состав Академии наук по-
полнился 69 учёными. Среди
вновь избранных были такие
выдающиеся представители
отечественной и мировой на-
уки, как минералог В.И. Вер-
надский, физиолог И.П. Пав-
лов, химик Н.С. Курнаков,
ботаник И.П. Бородин.
Академические учёные до-
бились больших достижений
во многих отраслях: А.М. Ля-
пунов и В.А. Стеклов — в ма-
тематике, Б.Б. Голицын и
Н.А. Рыкачёв — в физике,
Ф.А. Бредихин и А.А. Бело-
польский — в астрономии,
А.С. Лаппо-Данилевский,
А.А. Шахматов и В.О. Ключ-
евский — в гуманитарных
науках.

С середины 1890-х годов началось укрепление
связей Академии наук с университетами — Петер-
бургским, Московским, Киевским, Казанским,
Харьковским, Дерптским. Постоянными стали
контакты с научными обществами — Географиче-
ским, Минералогическим, Техническим, Исто-
рическим. За счёт расширения взаимодействия с
учёными из разных уголков страны постоянно
росло число членов-корреспондентов академии в
русской провинции.

Двенадцатый президент ИАН К.К. Романов
скончался в Павловске 2 июня 1915 г. Несмотря
на тяжёлое военное время, на которое пришлась
его кончина, российская пресса с вниманием от-
неслась к этому событию. Мне удалось устано-
вить, что некрологи и соответствующие статьи
были опубликованы девятью петербургскими и
четырьмя московскими газетами.

Константина Константиновича похоронили в Петербурге в великокняжеской усыпальнице Петропавловской крепости. Общее собрание Академии наук, посвящённое памяти августейшего президента, состоялось 2 декабря 1915 г., “в полугодовой день кончины”, в Малом конференц-зале. Прозвучали две речи — непрямого секретаря академии С.Ф. Ольденбурга “Президент Императорской Академии наук Великий князь Константин Константинович” и почётного академика А.Ф. Кони “Почётный академик К.Р.”.

С.Ф. Ольденбург напомнил собравшимся слова, которые произнёс Константин Константинович в мае 1889 г., вступая в должность президента: “Я твёрдо намерен, с Божьею помощью и по мере сил, всегда быть верным своему долгу”, и подчеркнул, что “редко кому дано было в полной мере исполнить свой долг, как это выпало на долю Великого князя” [11, Л. 74–76].

*В.С. СОБОЛЕВ,
доктор исторических наук
Санкт-Петербургский филиал ИИЕТ РАН
vlad_history@mail.ru*

ЛИТЕРАТУРА

1. Стихотворения К.Р. СПб., 1886.
2. Формулярный список о службе Августейшего президента Академии наук Великого князя Константина Константиновича // Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 4. Оп. 5. Д. 79/1271-1324.
3. Уставы Академии наук СССР. М., 1974.
4. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Р-IV. Оп. 6. Д. 11.
5. Российский государственный исторический архив. Ф. 1152. Оп. 11-1893. Д. 164.
6. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 6. Оп. 1. Д. 6.
7. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 4. Оп. 11-П. Д. 13–15, 18, 20.
8. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 6. Оп. 1. Д. 35.
9. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 4. Оп. 11-П. Д. 27.
10. Отчёт о деятельности Императорской Академии наук по Физико-математическому и Историко-филологическому отделениям. СПб., 1900.
11. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 2. Оп. 1-1915. Д. 35.

DOI: 10.7868/S0869587315050059

РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКОЕ НАУЧНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ В БЕРЛИНЕ

9–10 октября 2014 г. в Российском доме науки и культуры (РДНК) в Берлине состоялось XVII заседание Совместной комиссии по изучению новейшей истории российско-германских отношений (далее – Комиссия¹) и в его рамках прошёл научный коллоквиум по теме “Первая мировая война: причины и последствия”², организаторами которого при поддержке Министерства культуры и средств массовой информации Федеративной Республики Германия, Посольства Российской Федерации в Берлине, Фонда поддержки публичной дипломатии им. А.М. Горчакова, Министерства образования и науки РФ (грант № НШ-6452.2014.6) выступили Институт современной истории (Мюнхен–Берлин, ФРГ), Институт всеобщей истории РАН и Комиссия историков России и Австрии. Среди откликов на мероприятие – публикация 10.10.14 на сайте Федерального агентства по делам Содружества Независимых Государств, соотечественников, проживающих за рубежом, и по международному гуманитарному сотрудничеству (Россотрудничество), в ведении которого находится РДНК: <http://rs.gov.ru/press/news/2704> (автор – заместитель директора РДНК по науке Е.В. Пименова), а также [2].

В церемонии открытия приняли участие министр культуры и СМИ ФРГ профессор М. Грюттерс; Чрезвычайный и Полномочный посол РФ в ФРГ В.М. Гринин; руководитель представительства Россотрудничества в ФРГ, советник посольства РФ в ФРГ, директор РДНК О.Ю. Ксенофонов; директор ИВИ РАН, сопредседатель российско-германской и российско-австрийской комиссий академик А.О. Чубарьян; сопредседатель российско-германской Комиссии доктор исторических наук Х. Мёллер (Университет им. Людвига Максимилиана, Мюнхен, ФРГ); сопредседатель российско-австрийской комиссии, директор Института по изучению последствий войн им. Л. Больцмана (Грац, Австрия) доктор исторических наук Ст. Карнер.

В приветственных речах внимание обращалось на тот факт, что проведение форума в РДНК свидетельствует о том, что российская культура заняла в Германии определённую нишу. В самой же ФРГ после 1945 г. чётко осознали, что общественно-политическое развитие невозможно без изучения истории, которое способствует выстраиванию системы социальной защищённости. С точки зрения выступавших, наиболее парадоксальным итогом Первой мировой войны стало то, что Россия, находясь в лагере победителей, фактически оказалась побеждённой.

2014 год – это время мощного системного кризиса в Европе, масштаб которого, правда, несопоставим с событиями столетней давности. Нынешнему поколению исследователей, по мнению германских и австрийских участников, следует постараться извлечь уроки из того, что кризисным в военно-политическом отношении в Европе был и 1814 год (в 2015 г. в нескольких европейских странах пройдут международные научные конференции, посвящённые 200-летию Венского конгресса 1815 г.). В понимании германской стороны межгосударственные отношения в сфере науки и культуры могут, в отличие от политических и экономических, не только оставаться на докризисном уровне, но и способствовать урегулированию нынешних международных противоречий. Западные коллеги выразили некоторую обеспокоенность принятием в России 5 мая 2014 г. Федерального закона № 128-ФЗ “О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ”. В частности, германская сторона полагает, что содержащаяся в законе формулировка об ответственности за публичное “распространение заведомо ложных сведений о деятельности СССР в годы Второй мировой войны”, нацеленная на безусловно позитивную установку – противодействовать фальсификации истории, способна стать препятствием в деле международного научного сотрудничества. Российская сторона не разделила таких опасений.

Германская часть Комиссии с 1 февраля 2014 г. из ведения Министерства внутренних дел ФРГ переподчинена Министерству культуры и СМИ ФРГ, которому, в свою очередь, подчинены немецкие федеральные архивы. Благодаря этому, считает М. Грюттерс, можно надеяться на повышение эффективности исторических исследова-

¹ Подробнее об истории создания Комиссии, российская часть которой утверждается Президиумом РАН, см. [1].

² Заседание Комиссии и коллоквиум включены в план правительственного Оргкомитета (учреждён в марте 2013 г., координатором его деятельности является Министерство культуры РФ) по подготовке юбилейных мероприятий 2013–2014 гг., связанных со 100-летием начала Первой мировой войны.

ний, которые в значительной части базируются на архивных источниках.

На коллоквиуме затрагивались такие научно-исследовательские аспекты 1900–1914, 1914–1918 гг. и межвоенного периода, как история внешней политики Германской, Российской, Австро-Венгерской, Британской, Французской, Османской империй в предвоенные и военные годы, революционные трансформации в России и Германии 1917–1919 гг., влияние последствий Первой мировой войны на ситуацию в Европе в 1919–1939 гг. К 100-летию начала Первой мировой войны внешнеполитическое ведомство нашей страны издало книгу [3].

На пленарном заседании комиссии состоялись торжественные проводы с должности ответственного секретаря германской части комиссии Э. Курта, занимавшего её в 1997–2013 гг. Новым ответственным секретарём германской части комиссии назначена д-р С. Ольбертс, заведующая отделом Министерства культуры и СМИ ФРГ. Были подведены некоторые итоги реализации российско-германских научно-исследовательских проектов, курируемых комиссией [4–8].

11 октября участники мероприятия посетили выставку “Первая мировая война, 1914–1918 гг.”, проходившую в Германском историческом музее с 29 мая по 30 ноября 2014 г.

Ю.М. КОРШУНОВ,
кандидат исторических наук,
Институт всеобщей истории РАН
mmy2002@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коршунов Ю.М.* Российско-германский научный коллоквиум в Москве // Вестник РФФИ. 2014. № 1 (81).
2. *Хавкин Б.Л.* XVII заседание Совместной комиссии по изучению новейшей истории российско-германских отношений // Новая и новейшая история. 2015. № 1.
3. Министерство иностранных дел России в годы Первой мировой войны: Сборник документов / МИД РФ. Тула: Аквариус, 2014.
4. *Weber H., Drabkin J., Bayerlein B., Galkin A.* Deutschland, Russland, Komintern. I: Ueberblicke, Analysen, Diskussionen. Neue Perspektiven auf die Geschichte der KPD und die deutsch-russischen Beziehungen (1918–1943). Muenchen: De Gruyter, 2014.
5. Deutschland und die Sowjetunion 1933–1941. Dokumente aus russischen und deutschen Archiven. Bd. 1: 30. Januar 1933 – 31. Dezember 1934. Hrsg. von S. Slutsch und C. Tischler unter Mitarbeit von L. Koelm. Muenchen: Oldenbourg Verlag, 2014.
6. Deutschland-Russland. Stationen Gemeinsamer Geschichte – Orte der Erinnerung. Band 3. Das 20. Jahrhundert. Hrsg. von H. Altrichter, W. Ischtchenko, H. Moeller, A. Tschubarjan. Muenchen: De Gruyter Oldenbourg, 2014.
7. Россия–Германия. Вехи совместной истории в коллективной памяти / Под ред. Чубарьяна А.О., Мёллера Х., Ищенко В.В., Альтрихтера Х. М.: ИВИ РАН, ГАУГН-пресс, 2014.
8. *Новик Ф.И.* В ловушке холодной войны (Советская политика в отношении Германии, 1953–1958 гг.). М.: Институт российской истории РАН, 2014.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ОТДЕЛ

ЮБИЛЕИ

АКАДЕМИКУ М.Д. АЛИЕВУ – 60 ЛЕТ



Мамед Джавадович АЛИЕВ — выдающийся учёный и врач-онколог, автор около 500 научных публикаций, в том числе 6 монографий и 2 методических пособий для вузов. Им внесён значительный вклад в развитие онкоортопедии, позволивший достичь уникальных результатов лечения больных с саркомами. Выживаемость больных с саркомами высокой степени злокачественности удалось повысить до 80%, а ампутация стала редким хирургическим вмешательством (более 90% больных удаётся сохранить конечность).

Основными направлениями научной и лечебной работы возглавляемой М.Д. Алиевым клиники являются: комбинированное лечение сарком костей, мягких тканей и опухолей кожи; комбинированное лечение первичных и метастатических опухолей позвоночника и костей таза; онкологическое эндопротезирование и ревизионное протезирование крупных суставов; сосудистая, микрососудистая и реконструктивно-пластическая хирургия при опухолях опорно-двигательного аппарата; комбинированное лечение опухолей опорно-двигательного аппарата у детей. В настоящее время научная школа онкоортопедии Российского онкологического научного центра (РОНЦ) им. Н.Н. Блохина обладает опытом лечения более 10 тыс. пациентов с опухолевыми поражениями опорно-двигательного аппарата.

По инициативе М.Д. Алиева создана Восточно-Европейская группа по изучению сарком, основной задачей которой является улучшение качества оказания высокотехнологичной медицинской

помощи больным саркомами, а также научная и образовательная деятельность в этой сфере. В группу входят ведущие специалисты научно-исследовательских институтов онкологии России, Украины, Беларуси, Азербайджана, Армении, Грузии, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Киргизии. Издаётся научно-практический журнал “Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи”. По мнению учёного, дальнейшими перспективными направлениями в развитии онкологической ортопедии следует считать поиск новых, патогенетически обоснованных режимов комбинированного лечения опухолей костей и мягких тканей, разработку комплексной программы ортопедической поддержки больных с метастатическими поражениями скелета, продолжение фундаментальных исследований по изучению биологии опухолей опорно-двигательного аппарата, применение достижений генной и тканевой инженерии в онкологической ортопедии.

М.Д. Алиев — заведующий отделом общей онкологии и отделением опухолей опорно-двигательного аппарата НИИ клинической онкологии РОНЦ им. Н.Н. Блохина, заместитель директора по научной и лечебной работе этого центра — директор НИИ детской онкологии и гематологии; член Международного общества ортопедов-травматологов, Европейской организации онкологов по проведению международных протоколов, Европейского общества опухолей опорно-двигательного аппарата, член редколлегий ряда медицинских журналов. Среди его учеников 11 докторов и 15 кандидатов наук.

М.Д. Алиев — заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники.

АКАДЕМИКУ М.А. ОСТРОВСКОМУ – 80 ЛЕТ



Михаил Аркадьевич ОСТРОВСКИЙ – выдающийся учёный и лидер научной школы в области молекулярной физиологии и патологии зрения, автор более 300 научных публикаций, в том числе 3 монографий, учебника для вузов “Физиология человека”. Им создано новое научное направление – молекулярная

физиология и патология зрения. Показана связь между обесцвечиванием зрительного пигмента родопсина и ферментативными реакциями. Получены новые данные о спектральных, фотохимических, конформационных и электрических процессах в молекуле зрительного пигмента родопсина и в фоторецепторной мембране при действии света. Изучена роль вторичных посредников в процессах возбуждения и адаптации зрительной клетки. Развита представление об уязвимости структур глаза к фотоповреждению и о физиологических системах защиты сетчатки и пигментного эпителия от этой опасности. Пред-

ложены новые методы диагностики аутоиммунных заболеваний глаз.

Под руководством учёного созданы и внедрены в офтальмологическую практику новые оптические средства защиты глаза от светового повреждения, в том числе фотопротекторные искусственные хрусталики глаза (интраокулярные линзы) нового поколения с естественной спектральной характеристикой.

М.А. Островский – заведующий отделом фотохимии и фотобиологии Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, заведующий кафедрой молекулярной физиологии МГУ им. М.В. Ломоносова, заслуженный профессор МГУ, президент Физиологического общества им. И.П. Павлова, главный редактор журнала “Сенсорные системы”. Среди его учеников 5 докторов и 28 кандидатов наук.

М.А. Островский – лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники и в области образования, премии им. Ю.А. Овчинникова РАН, награждён орденами Почёта и Дружбы, золотой медалью им. И.М. Сеченова РАН, медалью “Житель блокадного Ленинграда”.

ЧЛЕНУ-КОРРЕСПОНДЕНТУ РАН М.И. СОКОЛОВСКОМУ – 80 ЛЕТ



Михаил Иванович СОКОЛОВСКИЙ – крупный учёный и конструктор энергетических установок на твёрдом топливе, организатор и научный руководитель теоретических и экспериментальных исследований в этой области, автор более 300 научных публикаций, в том числе 9 монографий. Им разработаны теоретические

основы оптимального проектирования высокоимпульсных энергетических установок и конструкций ракетных двигателей на твёрдом топливе с широким использованием композиционных материалов. Установки эксплуатируются в ракетных комплексах для российских войск стратегического назначения и Военно-морского флота.

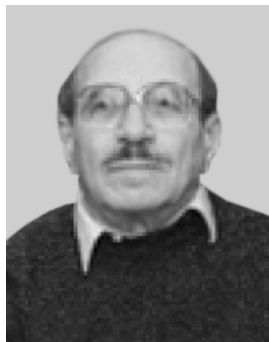
М.И. Соколовский многие годы был генеральным конструктором и генеральным директором

ОАО «Научно-производственное объединение “Искра”» (Пермский край); в настоящее время он генеральный конструктор и первый заместитель генерального директора НПО “Искра”, заведующий кафедрой ракетно-космической техники и энергетических систем Пермского национального исследовательского политехнического университета, председатель диссертационного совета университета, член Президиума Пермского научного центра УрО РАН. Среди его учеников 3 доктора и 4 кандидата наук.

М.И. Соколовский – заслуженный деятель науки и техники РФ, заслуженный создатель космической техники, ветеран космонавтики России, почётный работник газовой промышленности, лауреат Ленинской премии, премий Правительства РФ, Госкомоборонпрома РФ, Газпрома, Строгановской премии, награждён орденом “За заслуги перед Отечеством” III степени, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденами и медалями ряда зарубежных стран.

НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

ПРЕМИЯ ИМЕНИ В.А. ОБРУЧЕВА 2014 ГОДА – В.С. БУРТМАНУ



Президиум РАН присудил премию им. В.А. Обручева 2014 г. доктору геолого-минералогических наук Валентину Семёновичу Буртману (Геологический институт РАН) за серию из двух монографий под общим названием “Тектоника и геодинамика Тянь-Шаня и Высокой Азии в фанерозое”.

Удостоенные премии монографии имеют большое значение для понимания тектонических процессов, которые происходили в фанерозое в Центральной и Высокой Азии.

В.С. Буртман установил шарьированную структуру палеозойского Тянь-Шаня; создал и обосновал субдукционно-аккреционную геодинамиче-

скую модель эволюции Тянь-Шаня в палеозое; обосновал величины сдвиговых смещений по Таласо-Ферганскому разлому в Тянь-Шане и определил скорости современных сдвиговых перемещений по этому разлому. Он объяснил вторичное происхождение структурных дуг Памира как результат кайнозойской деформации, обосновал глубокую субдукцию континентальной коры Тянь-Шаня под Памир в позднем кайнозое.

Результаты изучения горных сооружений Тянь-Шаня и Высокой Азии были использованы В.С. Буртманом при установлении фундаментальной закономерности тектонического процесса — последовательности смены стиля деформаций при формировании покровно-складчатой системы. Результаты его исследований широко используются при составлении тектонических карт, региональных палеотектонических реконструкций и оценке сейсмической опасности.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО 2014 ГОДА – В.П. ЛЕГОСТАЕВУ И Е.А. МИКРИНУ



Президиум РАН присудил премию им. К.Э. Циолковского 2014 г. академикам Виктору Павловичу Легостаеву и Евгению Анатольевичу Микрину за цикл работ “Теоретические основы создания бортовых комплексов управления космических аппаратов различного назначения”.

Удостоенный премии цикл работ посвящён проблеме автоматического управления сборкой на орбите больших космических конструкций (БКК) с помощью свободно летающих космических модулей-роботов. Построение БКК сопровождается дискретным изменением во времени их механической структуры и динамических параметров. Исследованы основные закономерности управления динамическими объектами, работающими в условиях неопределённости относительно координатных и параметрических возмущений и требующих высокой динамической точности движения с практически нулевым или заранее предписанным рассогласованием относительно требуемого движения. Показана возможность построения оптимальных траекторий сборки БКК каркасного типа и управления объектами на орбите на всех этапах их сборки.

БОЛЬШИЕ ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК 2014 ГОДА

Высшие награды Российской академии наук — Большие золотые медали им. М.В. Ломоносова 2014 г. — присуждены академику Анатолию Пантелеевичу ДЕРЕВЯНКО за выдающийся вклад в разработку новой фундаментальной научной концепции формирования человека современного физического типа и его культуры и доктору Сванте ПААБО (Швеция) за выдающиеся заслуги в области палеогенетики и археологии.

АКАДЕМИК АНАТОЛИЙ ПАНТЕЛЕЕВИЧ ДЕРЕВЯНКО



Научная деятельность А.П. Деревянко (1943 г. р.) в изучении проблем первоначального заселения человеком Евразии, становления и развития древнейших культур получила всеобщее признание. Им разработана фундаментальная научная концепция формирования человека современного физического типа и его культуры, которая послужила основой новой версии теории полицентризма или мультирегиональной эволюции человека. А.П. Деревянко создал пространственно-временную модель расселения первобытного человека в Евразии, периодизацию и хронологию основных культурных и природных событий в эпоху палеолита в данном регионе, реконструировал процессы перехода от среднего к верхнему палеолиту в Африке, Евразии и Австралии, связанные с возникновением человека современного анатомического типа и становлением его культуры. Под его руководством и при непосредственном участии заложены основы междисциплинарного подхода к изучению археологических памятников. А.П. Деревянко в составе международного научного коллектива открыта новая группа ископаемых людей — человек алтайский (*homo altaiensis*), который вместе с неандертальцем (*homo neanderthalensis*) и человеком разумным (*homo sapiens*) являлся предком современного человека. Это открытие вошло в десятку наиболее значимых событий мировой науки в 2011 и 2012 гг. Кроме того, он внёс весомый вклад в изучение древней истории Сибири и Дальнего Востока в эпоху неолита, раннего железного века и Средневековья.

А.П. Деревянко — руководитель ведущей отечественной научной школы в области древнейшей истории (с 1990 г.). Результаты его научных исследований обобщены и опубликованы в 28 персональных и 72 коллективных монографиях, в более чем 1000 научных статьях. Он профессор Новосибирского государственного университета, с 1982 г. является заведующим кафедрой всеобщей истории, почётный профессор Томского политехнического университета, почётный профессор Казахского национального университета, профессор-исследователь Университета Аризоны, почётный исследователь Института доистории Чунбукского национального университета, почётный профессор Цзилиньского университета. Среди его учеников 13 докторов и 50 кандидатов наук.

А.П. Деревянко осуществлял координацию научной деятельности институтов историко-филологического профиля России, являясь академиком-секретарём Отделения историко-филологических наук РАН (2002–2013), членом Президиума РАН (2002–2013), членом Государственного экспертного совета при Президенте РФ по особо ценным объектам культурного наследия народов Российской Федерации (1992–2002), сопредседателем Российского исторического общества (с 2012 г.). Учёный пользуется большим авторитетом в мировой археологической науке: он член-корреспондент Германского археологического института, иностранный член Академии наук Монголии, советник по науке Исследовательского центра древних цивилизаций Китайской академии общественных наук, иностранный член Черногорской академии наук и искусства, иностранный член Национальной академии наук республики Казахстан.

Огромный вклад академика А.П. Деревянко в развитие науки и подготовку специалистов достойно оценён: он дважды лауреат Государственной премии в области науки и техники, лауреат премии им. М.А. Лаврентьева РАН за выдающийся вклад в развитие Сибири и Дальнего Востока, Демидовской премии, Российской национальной премии поощрения высших достижений в области науки “Триумф”, премии “Полярная звезда” и др., награждён орденами Трудового Красного Знамени, “За заслуги перед Отечеством” IV степени, Почёта, Дружбы.

ДОКТОР СВАНТЕ ПААБО



Доктор Сванте Паабо родился в 1955 г. в г. Стокгольме (Швеция). Выпускник Упсальского университета. Работал в центре молекулярной биологии Цюрихского университета, в Институте изучения рака в Лондоне, в Университете Калифорнии в Беркли, в Мюнхенском университете. С 1997 г. — директор департамента эволюционной генетики Института эволюционной антропологии общества Макса Планка (Лейпциг, Германия).

Доктор Паабо — выдающийся учёный, основатель палеогенетики — нового научного направления, связанного с выделением ДНК из палеоантропологических и археологических останков; разработал методологию выделения и анализа ДНК из древних останков, ставшую сегодня всеми признанным стандартом в этой области исследований. В 1997 г. учёный выделил митохондриальную ДНК из образца неандертальца. Это открыло возможность анализа полного генома вымерших организмов. В дальнейшем доктор Паабо реализовал проект по описанию полного генома неандертальца, одним из фундаментальных результатов которого стало открытие того, что вклад неандертальцев в геном людей, живущих сегодня за пределами Африки, составляет около 2.5%.

Доктор Паабо продолжил исследования по секвенированию генома денисовца из небольшой кости, открытой академиком РАН А.П. Деревянко в Денисовой пещере на юге Сибири. Палеогенетические исследования доктора Паабо позволили описать денисовцев в качестве новой формы рода *homo* и оценить их вклад в геном современного человечества, например, показать, что до 5% генома людей, населяющих сегодня Папуа—Новую Гвинею, Австралию и другие части Океании, составляют гены денисовцев. Недавно было показано, что интрогрессия генов от неандертальцев и денисовцев может иметь важные физиоло-

гические последствия для современных людей, например, в форме аллеля, приводящего к риску возникновения диабета 2-го типа (от неандертальцев), что часто наблюдается в Азии и у коренных американцев.

За последние три года доктор Паабо и его лаборатория разработали совершенно новый эффективный метод подготовки малых количеств деградировавшей и повреждённой ДНК для секвенирования. Это позволило выделить ДНК и получить последовательность генома денисовца, по качеству сравнимого с геномами наших современников, и опубликовать в январе 2014 г. описание генома неандертальца такого же высокого качества, как и образца из Денисовой пещеры в Сибири. Помимо других возможностей, описание этих геномов позволяет проследить все изменения, которые произошли в геноме современных людей со времени их отделения от ближайших родственников — неандертальцев и денисовцев.

Доктор Паабо разработал каталог, включающий 30 тыс. изменений генома, который послужит основой для антропологических исследований уникальности человека на годы вперёд. В настоящее время доктор Паабо пытается применить свою новую суперчувствительную технику к анализу более древних останков гоминид.

Учёный является признанным авторитетом также в области сравнительной геномики и истории популяций. Он первым предложил провести сравнение между людьми и крупными человекообразными обезьянами как метод, позволяющий лучше понять биологическую основу уникальности человека. Доктор Паабо изучает специфические гены, которые изменились в течение недавней эволюции человека, например, ген *FOXP2*, который при мутации вызывает серьёзные проблемы с языком и речью. Это было первым применением данных о генетических изменениях в экспериментах на млекопитающих, которое показало, как генетические изменения, присущие человеку, могут исследоваться в будущем.

Доктор Паабо открыл доступ к генетическому прошлому путём проведения первых исследований древней ДНК. Его работа заложила фундамент целой области науки. Он автор и соавтор около 300 научных статей и нескольких монографий.

Выдающиеся достижения доктора Паабо признаны научным сообществом. Он является членом 11 научных академий, почётным доктором четырёх университетов, удостоен многих научных наград, среди которых Генетическая премия Грубера (Gruber Genetic Prize, 2013 г.) и премия Лестница Познания (Learning Ladder Prize, 2014 г.).

**О присуждении медалей Российской академии наук с премиями
для молодых учёных РАН, других учреждений, организаций России
и для студентов высших учебных заведений России по итогам конкурса 2014 года
(представление Комиссии РАН по работе с молодёжью)**

В соответствии с Положением о медалях Российской академии наук с премиями для молодых учёных РАН, других учреждений, организаций России и для студентов высших учебных заведений России, утверждённым постановлением Президиума РАН от 24 декабря 2002 г. № 376, а также постановлением Президиума РАН от 23 января 2007 г. № 10 и решениями экспертных комиссий РАН по оценке научных проектов молодых учёных РАН и научных работ молодых учёных и студентов высших учебных заведений Президиум РАН ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Присудить медали Российской академии наук с премиями в размере 50000 (пятидесяти тысяч) рублей каждая для молодых учёных РАН, других учреждений, организаций России по итогам конкурса 2014 года:

1.1. в области математики — кандидату физико-математических наук **Захваткину Михаилу Васильевичу** (Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН) за цикл работ “Определение и прогнозирование параметров движения космического аппарата с учётом возмущений, вызванных работой бортовых систем” и доктору физико-математических наук **Шевцовой Ирине Геннадьевне** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за цикл работ “Оптимизация структуры моментных оценок точности нормальной аппроксимации для сумм независимых случайных величин”;

1.2. в области общей физики и астрономии — кандидату физико-математических наук **Дмитриеву Константину Вячеславовичу**, кандидату физико-математических наук **Поликарповой Наталии Вячеславовне**, кандидату физико-математических наук **Ширгиной Наталье Витальевне** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за цикл работ “Нелинейная акустика неоднородных сред и акустических метаматериалов” и кандидату физико-математических наук **Заславскому Владиславу Юрьевичу** (Институт прикладной физики РАН) за цикл работ “Использование двумерной распределённой обратной связи для генерации пространственно-когерентного излучения мощными релятивистскими электронными пучками”;

1.3. в области ядерной физики — кандидату физико-математических наук **Гоголеву Алексею Сергеевичу** (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) за цикл научных работ “Параметрическое рентгеновское излучение: его свойства и применение”;

1.4. в области физико-технических проблем энергетики — **Авдееву Алексею Валерьевичу** (Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) за работу “Расчётно-теоретическое исследование характеристик и обоснование возможности создания многоцелевой космической энергоустановки на основе фтороводородных непрерывных химических лазеров” и кандидату технических наук **Малашину Максиму Владимировичу**, **Шершуновой Екатерине Александровне** (Институт электрофизики и электроэнергетики РАН) за научно-исследовательскую работу “Разработка приборов генерации низкотемпературной плазмы атмосферного давления на основе объёмно-диффузной формы диэлектрического барьерного разряда”;

1.5. в области проблем машиностроения, механики и процессов управления — кандидату физико-математических наук **Железняковой Александре Львовне** (Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН) за работу “Разработка вычислительных технологий и компьютерных моделей гиперзвуковой аэротермодинамики для создания виртуальных прототипов перспективных изделий авиационной и ракетно-космической техники”;

1.6. в области информатики, вычислительной техники и автоматизации — кандидату технических наук **Чечулину Андрею Алексеевичу**, **Дойниковой Елене Владимировне** (Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН) за цикл научно-исследовательских работ “Оценка защищённости сети и обработка событий безопасности на основе аналитического моделирования атак” и кандидату физико-математических наук **Горшенину Андрею Константиновичу** (Институт проблем информатики РАН) за цикл работ “Разработка информационной технологии исследования тонкой структуры процессов в турбулентной плазме с помощью спектрального анализа”;

1.7. в области общей и технической химии — кандидату химических наук **Плотникову Евгению Владимировичу** (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) за научную работу “Изучение антиоксидантной активности биообъектов и разработка психотропных антиоксидантов” и кандидату химических наук **Ковтунову Кириллу Викторовичу**, **Барскому Даниле Андреевичу** (Институт “Международный томографический центр” СО РАН) за цикл работ

“Развитие приложений ЯМР и МРТ на основе метода индуцированной параводородом поляризации ядерных спинов”;

1.8. в области физикохимии и технологии неорганических материалов — кандидату физико-математических наук **Потаповой Ираиде Николаевне** (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН) за научную работу “Разработка износостойких антифрикционных металлических композитных материалов, армированных частицами сверхупругого твёрдого углерода”;

1.9. в области физико-химической биологии — **Шиндяпиной Анастасии Валерьевне, Шешуковой Екатерине Владимировне** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за работу “Исследование общих механизмов контроля устойчивости к стрессам у растений и животных”;

1.10. в области общей биологии — кандидату биологических наук **Вильнетт Анне Александровне**, кандидату биологических наук **Боровичеву Евгению Александровичу** (Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН) за цикл статей “Таксономия и разнообразие печёночников России с позиций классической и молекулярной систематики”;

1.11. в области физиологии — кандидату биологических наук **Горностаевой Александре Николаевне**, кандидату биологических наук **Масловой Елене Викторовне, Бобылёвой Полине Ивановне** (Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН) за цикл работ “Особенности взаимодействия мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток с дифференцированными и прогениторными клетками крови в условиях физиологического микроокружения”;

1.12. в области геологии, геофизики, геохимии и горных наук — кандидату химических наук **Сетковой Татьяне Викторовне** (Институт экспериментальной минералогии РАН) за цикл статей “Экспериментальное и теоретическое изучение условий кристаллизации турмалина и топаза, выращивание их монокристаллов и исследование структурно-морфологических характеристик и физико-химических свойств” и кандидату геолого-минералогических наук **Колесник Ольге Николаевне** (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН) за цикл статей “Наложенная цветно-благороднометаллическая минерализация железно-марганцевых образований и магматических пород подводных возвышенностей Японского моря”;

1.13. в области океанологии, физики атмосферы и географии — кандидату физико-математических наук **Рыжову Евгению Андреевичу** (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН) за цикл работ “Адвекция примесей,

индуцируемая когерентными вихревыми структурами в геофизических потоках”;

1.14. в области истории — кандидату исторических наук **Ганину Андрею Владиславовичу** (Институт славяноведения РАН) за монографию «“Мозг армии” в период “Русской смуты”» и кандидату политических наук **Дудину Павлу Николаевичу** (Бурятский государственный университет) за монографию “Политическая история Мэнцзяна”;

1.15. в области философии, социологии, психологии и права — доктору философских наук **Власовой Ольге Александровне** (Курский государственный университет) за монографию “Антипсихиатрия: социальная теория и социальная практика” и кандидату юридических наук **Прониной Марии Петровне** (Нижегородская академия МВД РФ) за монографию “Специальные средства юридической техники”;

1.16. в области экономики — кандидату экономических наук **Гурбан Инессе Александровне**, кандидату экономических наук **Найдёнову Алексею Сергеевичу**, кандидату экономических наук **Васильевой Елене Витальевне** (Институт экономики УрО РАН) за работу “Качество жизни населения: формирование новой социально-экономической среды и уровня развития человеческого капитала”;

1.17. в области мировой экономики и международных отношений — **Копытину Ивану Александровичу, Масленикову Александру Оскаровичу, Синицыну Михаилу Владимировичу** (Институт мировой экономики и международных отношений РАН) за монографию “США: проблемы интеграции рынков природного газа и электроэнергетики”;

1.18. в области литературы и языка — не присуждать;

1.19. в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного значения:

1.19.1. кандидату физико-математических наук **Фирстову Сергею Владимировичу** (Научный центр волоконной оптики РАН) за цикл научных работ “Разработка эффективных висмутовых волоконных лазеров и усилителей для спектральной области 1280–1775 нм” и **Зацепиной Марине Евгеньевне** (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики) за научную работу “Разработка и исследование количественного теневого метода, основанного на применении средств компьютерной изофотометрии”;

1.19.2. кандидату химических наук **Шкирской Светлане Алексеевне** (Кубанский государственный университет) за научную работу “Нанокompозитные мембраны нового поколения для топ-

ливных элементов, сенсоров и электромембранных технологий”*.

2. Присудить медали Российской академии наук с премиями в размере 25000 (двадцати пяти тысяч) рублей каждая для студентов высших учебных заведений по итогам конкурса 2014 года:

2.1. в области математики — не присуждать;

2.2. в области общей физики и астрономии — студенту 6 курса факультета теоретической физики Центра высшего образования Санкт-Петербургского академического университета — Научно-образовательного центра нанотехнологий РАН **Пошакиному Александру Валерьевичу** за работу “Спиновая динамика и поляризационные оптические эффекты в квантовых ямах и сверхрешётках” и студенту 6 курса факультета теоретической физики Центра высшего образования Санкт-Петербургского академического университета — Научно-образовательного центра нанотехнологий РАН **Смирнову Дмитрию Сергеевичу** за работу “Спиновая динамика и флуктуации электронов и электрон-дырочных комплексов в полупроводниковых наноструктурах”;

2.3. в области ядерной физики — студенту 5 курса Физико-технического института Национального исследовательского Томского политехнического университета **Ушакову Ивану Алексеевичу** за научно-исследовательскую работу “Спиновая сепарация ядер-изотопов углерода в низкотемпературной плазме”;

2.4. в области физико-технических проблем энергетики — студенту 6 курса факультета молекулярной и химической физики Московского физико-технического института (государственного университета) **Орехову Никите Дмитриевичу** за цикл работ “Атомистическое моделирование плавления графита” и студенту 5 курса Физико-технического института Национального исследовательского Томского политехнического университета **Чурсину Станиславу Сергеевичу** за цикл работ “Физико-технические основы иммобилизации радиоактивных отходов в минералоподобные и керамические матричные материалы методом СВС”;

2.5. в области проблем машиностроения, механики и процессов управления — студенту 2 курса магистратуры Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета **Абдулаеву Рамину Кашамовичу** за научную работу “Исследование нестационарного теплообмена между погружным электродвигателем и трёхфазным флюидом в нефтяных скважинах” и студенту 2 курса магистратуры математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета **Горбушину Николаю Александровичу** за ра-

боту “Инкубационные процессы при динамическом разрушении и фазовом превращении сплошных сред”;

2.6. в области информатики, вычислительной техники и автоматизации — курсанту Академии ФСО России **Одинцову Ивану Сергеевичу** за дипломную работу “Разработка предложений по применению многоуровневых линейных кодов в волоконно-оптических системах передачи сетей связи специального назначения” и студенту 6 курса Института кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета **Мыцко Евгению Алексеевичу** за научно-исследовательскую работу “Исследование матричного алгоритма вычисления контрольной суммы CRC и его аппаратная реализация”;

2.7. в области общей и технической химии — студентке 5 курса Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева **Панасюк Анне Сергеевне** за научно-исследовательскую работу “Атмосферные трансформации трихлоруксусной кислоты”;

2.8. в области физикохимии и технологии неорганических материалов — студентам 1 курса магистратуры факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова **Сарычевой Асе Сергеевне**, **Япрынцеву Алексею Дмитриевичу** за цикл работ “Ультразвуковое воздействие как способ направленного формирования структуры функциональных наноматериалов”;

2.9. в области физико-химической биологии — студенту 5 курса биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова **Корнееву Кириллу Викторовичу** за дипломную работу “Активация сигнальной оси TLR4-TNF в мышечных макрофагах при действии различными лигандами на рецепторы врождённого иммунитета”;

2.10. в области общей биологии — не присуждать;

2.11. в области физиологии — студентке 6 курса Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного политехнического университета **Скобелевой Ксении Владимировне** за работу “Нарушения кальциевой сигнализации в нейронах при болезни Альцгеймера”;

2.12. в области геологии, геофизики, геохимии и горных наук — студентке 2 курса магистратуры геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова **Сироткиной Екатерине Андреевне** за магистерскую работу “Хромосодержащие фазы в системе мэйджорит-кноррингит: фазовые отношения, структурные особенности, твёрдые растворы”;

2.13. в области океанологии, физики атмосферы и географии — студенту 2 курса магистратуры геолого-географического факультета Национального исследовательского Томского государствен-

* Постановление Президиума РАН от 16 марта 2010 г. № 58.

ного университета **Пустовалову Константину Николаевичу** за магистерскую диссертацию “Электрические характеристики приземного слоя атмосферы в различных метеорологических условиях”;

2.14. в области истории — студенту 5 курса Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета **Митрофанову Руслану Сергеевичу** за работу “Институционализация психиатрии в Российской империи: на примере г. Казани (середина XIX — начало XX в.)”;

2.15. в области философии, социологии, психологии и права — студентке 1 курса магистратуры философского факультета Национального исследовательского Томского государственного университета **Олейник Полине Ивановне** за научную работу “Логицизм и неологизм: классическая и современная философия математики” и студентке 5 курса Юридического института Национального исследовательского Томского государственного университета **Коваленко Тамаре Игоревне** за дипломную работу “Стандартизация договорных условий в современном гражданском праве: сравнительно-правовой аспект”;

2.16. в области экономики — студенткам 6 курса Юргинского технологического института Национального исследовательского Томского политехнического университета **Лазаревой Анастасии Николаевне, Зориной Оксане Юрьевне** за научную работу “Математическое и программное обеспечение системы поддержки принятия решений о выборе индивидуальной образовательной траектории”;

2.17. в области мировой экономики и международных отношений — студентам 2 курса факультета “Учёт и аудит” Финансового универси-

тета при Правительстве РФ **Мавлютову Раису Ра-виевичу, Савенко Эльмире Алексеевне** за научную работу “Внешняя торговля России в условиях членства в ВТО”;

2.18. в области литературы и языка — студентке 5 курса филологического факультета Вологодского государственного педагогического университета **Ганичевой Светлане Алексеевне** за цикл работ «Ареальная дистрибуция русских глаголов-орнитонов (на материале “Лексического атласа русских народных говоров”)»;

2.19. в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного значения — студентам 2 курса магистратуры факультета информатики Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (Национального исследовательского университета) **Вызову Егору Владимировичу, Кравченко Сергею Васильевичу** за цикл работ по созданию оптических элементов светодиодов, формирующих заданные световые распределения, и студенту 4 курса радиофизического факультета Томского государственного университета **Табакееву Дмитрию Сергеевичу** за выпускную квалификационную работу “Создание и исследование наноструктурных твердотельных органических активных сред перестраиваемых лазеров”.

3. Контроль за выполнением настоящего постановления возложить на Комиссию РАН по работе с молодёжью.

*Президент РАН
академик РАН В.Е. ФОРТОВ*

*И.о. главного учёного секретаря Президиума РАН
член-корреспондент РАН Н.К. ДОЛГУШКИН*

Сдано в набор 19.02.2015

Офсетная печать

Подписано к печати 16.04.2015

Усл. печ. л. 24,0

Тираж 2627 экз.

Дата выхода в свет 25.05.2015

Усл. кр.-отт. 64,4 тыс.

Зак. 131

Цена свободная

Формат 60 × 88¹/₈

Бум. л. 12,0

Свидетельство о регистрации № 0110150 от 04.02.93 г. в Министерстве печати и информации Российской Федерации

Учредители: Российская академия наук, Президиум РАН

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”, 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”

Отпечатано в ППП «Типография “Наука”», 121099 Москва, Шубинский пер., 6